



Vliv podložky a konstrukce textilií na stanovení tepelného odporu textilního materiálu na přístroji Termoskop

Diplomová práce

Studijní program:

N3957 Průmyslové inženýrství

Studijní obor:

Produktové inženýrství

Autor práce:

Bc. David Malý

Vedoucí práce:

doc. Ing. Vladimír Bajzík, Ph.D.
Katedra hodnocení textilií





Zadání diplomové práce

Vliv podložky a konstrukce textilií na stanovení tepelného odporu textilního materiálu na přístroji Termoskop

Jméno a příjmení: **Bc. David Malý**
Osobní číslo: T18000020
Studijní program: N3957 Průmyslové inženýrství
Studijní obor: Produktové inženýrství
Zadávací katedra: Katedra hodnocení textilií
Akademický rok: **2019/2020**

Zásady pro vypracování:

1. Provedte literární rešerši na téma měření odporu textilií.
2. Navrhněte experiment na ověření měření odporu textilií na přístroji Termoskop
3. Výsledky vyhodnoťte. Zhodnoťte výhody a nevýhody přístroje Termoskop.

Rozsah grafických prací:
Rozsah pracovní zprávy:
Forma zpracování práce:
Jazyk práce:

50 – 60 normostran
tištěná/elektronická
Čeština



Seznam odborné literatury:

1. Hes L., Sluka P. Úvod do komfortu textilií. Liberec: TUL, 2005
2. Li Yi. The Science of Clothing Comfort. Oxford: The textile Institute, 2001

Vedoucí práce:

doc. Ing. Vladimír Bajzík, Ph.D.
Katedra hodnocení textilií

Datum zadání práce:

29. října 2019

Předpokládaný termín odevzdání:

10. srpna 2020

Ing. Jana Drašarová, Ph.D.
děkanka

L.S.

doc. Ing. Vladimír Bajzík, Ph.D.
vedoucí katedry

V Liberci dne 22. července 2020

Prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci jsem vypracoval samostatně jako původní dílo s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé diplomové práce a konzultantem.

Jsem si vědom toho, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu Technické univerzity v Liberci.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti Technickou univerzitu v Liberci; v tomto případě má Technická univerzita v Liberci právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Současně čestně prohlašuji, že text elektronické podoby práce vložený do IS/STAG se shoduje s textem tištěné podoby práce.

Beru na vědomí, že má diplomová práce bude zveřejněna Technickou univerzitou v Liberci v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů.

Jsem si vědom následků, které podle zákona o vysokých školách mohou vyplývat z porušení tohoto prohlášení.

9. srpna 2020

Bc. David Malý

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval panu doc. Ing. Vladimíru Bajzíkov, Ph.D, za jeho cenné připomínky, bohaté zkušenosti a vynaložený čas, který byl ochoten mi věnovat při tvoření této práce.

Dále bych rád poděkoval panu prof. Ing. Luboši Hesovi, DrSc., za jeho cenné připomínky, konzultace ohledně Termoskopu a za poskytnutí podkladových materiálů.

V neposlední řadě děkuji své rodině, přítelkyni a přátelům za jejich neustálou podporu v době studia.

Anotace

Cílem této diplomové práce je ověření reprodukovatelnosti fungování přístroje Termoskop a to, jaký vliv má podkladový materiál (podložka) na měření tepelného odporu u různých testovaných textilních materiálů.

Práce se věnuje tepelným vlastnostem textilního materiálu, jako je tepelný odpor a tepelná jímavost. Práce dále popisuje, co je to komfort textilního materiálu a za jakých podmínek nastává v lidském organismu, přístroje měřící tepelné vlastností. Následně jsou popsány statistické metody (analýza rozptylu, Scheffého metoda mnohonásobného porovnání), které byly použity k vyhodnocování naměřených dat.

Klíčová slova

Tepelný odpor, podkladový materiál, Termoskop, Alambeta, tepelné vlastnosti, oděvní komfort, analýza rozptylu, Scheffého metoda mnohonásobného porovnání.

Annotation

The aim of this master's thesis is to verify whether the functioning of the Termoskop device is reproducible and to what extent underlying materials (pads) affect the measuring of thermal resistance when testing various textile materials.

The paper deals with thermal properties of textile materials such as thermal resistance and thermal absorbability. The paper also explains what the comfort of a textile material is and under which conditions it takes place; moreover, devices measuring thermal properties are described. Furthermore, statistics methods used to evaluate the data measured in this thesis (analysis of scattering, Scheffe's method of multiple comparisons) described.

Key words

Thermal resistance, underlying material, Termoskop device, Alambeta device, thermal properties, clothing comfort, analysis of scattering, Scheffe's method of multiple comparisons.

Obsah

Seznam zkratk	10
Úvod	12
TEORETICKÁ ČÁST	14
1 Oděvní komfort	15
1.1 Typy komfortu	16
1.1.1 Psychologický komfort	16
1.1.2 Senzorický komfort	16
1.1.3 Patofyziologický komfort	16
1.1.4 Termofyziologický komfort	16
2 Teplo	18
2.1 Fyzikální podstata tepla	18
3 Termoregulace lidského organismu	19
3.1 Teplota pokožky a pocity tepla	20
3.1.1 Teplota pokožky	21
3.2 Přenos tepla	21
3.2.1 Přenos tepla vedením	24
3.2.2 Přenos tepla prouděním	26
3.2.3 Přenos tepla evaporací (odpařováním)	27
3.2.4 Přenos tepla zářením (radiací)	28
4 Tepelný odpor	30
5 Přístroje měřící tepelné vlastnosti	31
5.1 KD2 Pro	31
5.2 THASYS	32
5.3 Měření tepelného odporu	33
5.4 Permetest	33
5.4.1 Stanovení tepelného odporu na přístroji Permetest	34
5.5 Togmeter	35
EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	37
6 Testované materiály	38

6.1	Charakteristiky použitých vláknenných materiálů.....	38
6.2	Popis použitých vzorků	42
7	Metody statistického zpracování použité v experimentu	43
7.1	ANOVA (analýza rozptylu).....	43
7.2	Scheffého metoda mnohonásobného porovnání	44
8	Přístroje použité v experimentální části	45
8.1	Termoskop	45
8.1.1	Způsob měření	46
8.2	Alambeta.....	47
8.2.1	Měřené parametry	48
9	Podkladový materiál.....	50
9.1	Dřevo	50
9.2	Polystyrén	51
9.3	Hliník.....	52
9.4	Umakartová deska.....	53
9.5	Keramika	53
10	Výsledky zkoumání a diskuze	55
10.1	Statistické vyhodnocení výsledků vzorků typu A.....	55
10.1.1	Anova pro data naměřená na přístroji Termoskop (vzorky typu A)	58
10.1.2	Anova a popisná statistika pro data naměřená na přístroji Alambeta (vzorky typu A).....	59
10.2	Statistické vyhodnocení výsledků vzorků typu B	60
10.2.1	Anova pro data naměřená na přístroji Termoskop (vzorky typu B)	61
10.2.2	Anova pro data naměřená na přístroji Alambeta (vzorky typu B).....	61
10.3	Porovnání shody podkladových materiálů	62
10.4	Komparace naměřených dat mezi podkladovým materiálem keramika na přístrojích Termoskop a Alambeta (vzorky typu A).....	63
10.5	Komparace naměřených dat mezi podkladovým materiálem keramika na přístrojích Termoskop a Alambeta (vzorky typu B).....	65

10.6 Zkoumání vlivu tloušťky vzorku na tepelný odpor měřený na přístroji Termoskop u vzorků typu B.....	66
Závěr.....	68
Použitá literatura	70
Seznam obrázků.....	74
Seznam tabulek	75

Seznam zkratek

a_c	koeficient přenosu tepla
ASTM	Americká společnost pro zkoušení a materiály
$^{\circ}\text{C}$	stupeň Celsia
clo	izolační hodnota textilu
cN	centinewton
CO	bavlna
CO ₂	oxid uhličitý
d	rozměr objektu
dtex	decitex
Dú	dostava útku
EPS	polystyrén
EUV	extrémní ultrafialové záření
H ₀	nulová hypotéza
H ₁	alternativní hypotéza
IS	interval spolehlivosti
ISO	mezinárodní organizace pro standardizaci
J	joule
K	kelvin
kg	kilogram
kW	kilowatt
m ²	metr čtvereční
μm	mikrometr
PE	polyetylén
PES	polyester
PP, POP	polypropylén
PUR	polyuretan
PVC	polyvinylchlorid
q	tepelný tok
R _{et}	tepelný odpor
Re	Reynoldsovo číslo
RTG	rentgenové záření
S	směrodatná odchylka

t_1, t_2	teplota
t_a	teplota vnější
T_a	teplota okolí
t_m	teplota vnitřní
T_{sk}	teplota kůže
tex	jemnost
tog	jednotka izolační vrstvy
ν	dynamická viskozita
W	výkon
α	hladina významnosti alfa
\bar{X}	průměr
$\%$	procento
Λ	tepelná vodivost
ρ	hustota

Úvod

Diplomová práce se zabývá problematikou ověření funkčnosti přístroje nazývaného Termoskop a tím, jaký vliv má na měření podkladový materiál.

Průmyslová výroba a inovace textilií je orientovaná především na produktivitu a ekonomiku vyrobených textilií. U textilních materiálů používaných pro oděvní účely převažuje spíše módní a stylové hledisko nežli komfortní. V dnešní době se už pomalu zaměřujeme i na tento aspekt, a to především u materiálů používaných pro volný čas (turistika, zdravý životní styl, sport). Pohodlí u těchto textilních materiálů značí i tepelný komfort, který je výsledkem souhrnu vlivu okolí, lidských aktivit a působení oděvu na člověka. Je tedy zřejmé, že pohodlí textilního oděvu nezajišťuje pouze tepelný komfort, ale existují i další faktory, například prostředí a lidská aktivita aj.

Výše zmíněný přístroj pomáhá určit faktory tepelného komfortu u textilních materiálů. Slouží především k určení tepelného odporu separační vrstvy prostřednictvím dotykové sondy přikládané k povrchu této vrstvy, aniž bychom znali její technické parametry, jako je tloušťka, jemnost, hustota nití a teplota odvrácené strany zkoumaného vzorku.

V průmyslové výrobě se tato metoda používá, když je třeba zjistit tepelný odpor izolační vrstvy, kterou obklopuje tepelný systém (potrubí) nebo tepelně ohřívací či sušící pec. Převážně nízký tepelný odpor izolačních vrstev způsobuje tepelnou ztrátu stěnami stroje, která je příčinou snižování ekonomiky provozu nejen průmyslově plynových, ale i elektrinou poháněných spotřebičů. U těchto spotřebičů se nesnadno dostává k vnější i vnitřní ploše izolační vrstvy, proto musí být provedeno její částečné rozebrání z izolačního předmětu. Tento postup nelze provádět v laboratoři kvůli laboratorním podmínkám (není známá tloušťka ani teplota vnitřní plochy vrstvy). Díky této situaci byla vyvinuta nová metoda měření tepelného odporu izolační vrstvy, která tyto stávající chyby v technologii odstranila nebo alespoň eliminovala na úsporný režim. Tato technologie umí stanovit tepelný odpor izolační vrstvy bez znalosti její tloušťky nebo teploty druhé strany, která je pro měření neznámá.

Výše zmíněná metoda byla vyvinuta i v textilním průmyslu. Zde je nutno zjistit tepelný odpor jednotlivých vrstev výrobku (bundy, spacího pytle atd.), textilií ve stavebním průmyslu (geotextilie, agrotexilie, tepelné izolace atd.). Tepelný odpor je

nedílnou součástí každého textilního výrobku. Pro výrobce je tepelný odpor, kromě jiných kritérií, důležitým parametrem pro vyvinutí textilního výrobku pro konkrétní účel. Proto byl vyvinut nový přístroj pro stanovení tepelného odporu: Termoskop. Ten šetří čas, sílu a peněžní prostředky. Není potřeba znát tloušťku textilie ani teplotu odvrácené strany měřené textilie. Tento přístroj se především používá na měření tepelného odporu.

TEORETICKÁ ČÁST

Teoretická část se věnuje tepelným vlastnostem a jejich obecnému popisu, přístrojům měřícím tepelné vlastnosti a popisu jednotlivých vzorců pro výpočet tepelných vlastností. Důvodem, proč se tato část věnuje tepelným vlastnostem, je experimentální část, ve které se stanovuje tepelný odpor na přístroji Termoskop a ve které se zjišťuje, jaký vliv má podkladový materiál na stanovení tepelného odporu.

Také se zde popisuje oděvní komfort, rozdělený na jednotlivé typy. Ty jsou významné tím, že vystihují, jaký pocit vyvolává nošení konkrétních textilií, a stanovují podmínky ideálního komfortu atd.

Další tématem, kterým se zabývá teoretická část, je teplo – co je to teplo, fyzikální podstata tepla, termoregulace lidského organismu související s teplem a přenos tepla (ten je významný tím, že popisuje přenos lidského tepla skrze jednotlivé textilní vrstvy do okolí).

V neposlední řadě jsou zde popsány přístroje měřící tepelné vlastnosti, jejich využití a konkrétní postup měření.

1 Oděvní komfort

Komfort představuje pohodlí a je jedním z nejdůležitějších aspektů pro výrobce oblečení. Komfort oděvu může být využíván jako jeden z marketingových faktorů při propagaci a prodeji sportovního oblečení. Dá se říct, že komfort je stav organismu, kdy jsou všechny fyziologické funkce organismu v optimálním bodě. Tímto bodem rozumíme pocit, který nastává v okamžiku, kdy okolí ani oděv nevytváří žádné nežádoucí vjemy. To znamená, že nepřevládají pocity tepla ani chladu a je možné v tomto bodu dlouhodobě setrvávat. V opačném případě nastává diskomfort, který se vyznačuje pocitem přehřátí, chladu nebo vlhka. Oděvním komfortem označujeme příjemné nebo nepříjemné pocity člověka při nošení oděvu. [6, 17]

Tepelný komfort a pocity tepelného faktoru jsou zkoumány z mnoha různých hledisek, jako je vliv počasí, sportovních aktivit v extrémních podmínkách, konstrukce budov s ohledem na vnější a vnitřní klima, speciální textilie se zvýšeným komfortem atd.

Model tepelného komfortu textilie je tvořen pouze jednou mezivrstvou, která může měnit pocity člověka jen v omezené míře (v malém rozsahu atmosférických podmínek mezi tělem a textilií). Tato zmíněná vrstva je chápána jako homogenní (membrána) s nepřímou odezvou charakterizovanou ve formě koeficientu přenosu tepla a případně tloušťkou. Konstrukce textilie a případná přítomnost mezní vrstvy vzduchu na jejím povrchu jsou ukryté v hodnotách koeficientu.

Pro vyjádření tepelného komfortu se používají speciální jednotky, kterými jsou *clo* nebo *tog*. Tyto jednotky zahrnují tepelnou izolaci vlivem vzduchových vrstev v oděvu a tepelnou izolaci oděvního materiálu. Tyto zmíněné veličiny souvisí přímo s tepelným odporem R [m^2KW^{-1}]. Jedna jednotka *tog* je rovna $0,1 m^2KW^{-1}$ a jedna jednotka *clo* je rovna $1,55 tog$, to je $0,155 m^2KW^{-1}$. Oděvy určené pro zimní období, jako je zimní bunda, mají jednotku *clo* vyšší než $1 m^2KW^{-1}$ a oděvy určené pro letní období mívají jednotku *clo* kolem $0,5 m^2KW^{-1}$. [17]

1.1 Typy komfortu

1.1.1 Psychologický komfort

Posuzuje se dle různých hledisek, jako jsou ekonomické (podmínky obživy, politický systém), historické (tradice životního stylu a módy), kulturní (náboženství, tradice), sociální (věk, sociální třída, kvalifikace) a klimatické (geograficky podmíněné podmínky). [1, 8]

1.1.2 Senzorický komfort

Senzorický komfort lze popsat jako smyslové vnímání lidské pokožky při styku s textilní vrstvou. Tyto pocity mohou být příjemné (pocit měkkosti, splývavosti, hřejivosti atd.) nebo nepříjemné (tlak, vlhkost, škrábání, kousání, drsnost atd.). Dále se tento komfort dělí na omak (hladkost, tuhost, objemnost, tepelný pocit) a na komfort nošení (povrchová struktura textilie a schopnost absorbovat a transportovat plyny či kapalinu). Jeden z nejdůležitějších subjektů hodnocení pocitů je sucho, nebo vlhkost, hladkost, nebo hrubost atd. [1, 8]

Výzkum, který byl prováděn jednotlivými spotřebiteli pomocí subjektivního hodnocení (pocit vyvolán při styku s textilií a pokožkou), ukázal, že hodnocení pocitů je odlišné mezi třemi typy oblečení (letní, zimní a oblečení na sport). Spotřebitelé tedy dokážou posoudit, ve kterém z oblečení se cítí nejlépe, tzn. nejkomfortněji. [9]

1.1.3 Patofyziologický komfort

Zde se jedná se o pocit, vyvolaný při nošení textilního materiálu, který je ovlivněn působením toxických vlivů z textilního materiálu. Dá se říci, že je to odolnost člověka a jeho reakce na působení chemických látek obsažených v textilním materiálu, ze kterého je oděv vyroben, a mikroorganismů (např. bakterií) vyskytujících se na lidské pokožce. Některé oděvy působící na pokožku mohou vyvolat kožní onemocnění, jako je dráždění, alergie nebo ekzém.

1.1.4 Termofyziologický komfort

Termofyziologický komfort vychází ze dvou základních parametrů, a těmi jsou výparný a tepelný odpor. Tento komfort lze hodnotit pomocí přístrojů, které přesně identifikují správný fyzikální děj, nebo je možné transport tepla a vlhkosti hodnotit

pomocí fyziologického režimu tepla. Textilie by měla být schopna vedení tepla, potu a par pro zajištění optimálního fungování lidského organismu. [1, 10]

Termofyziologický komfort nastává za následujících podmínek:

- teplota pokožky 33–35 °C,
- relativní vlhkost vzduchu 50 ± 10 %,
- rychlost proudění vzduchu 25 ± 10 cm. s⁻¹,
- obsah CO₂ 0,07 %,
- nepřítomnost vody na pokožce.

V takových podmínkách lze stanovit ideální oděv pro běžné nošení. [1]

2 Teplo

Teplo je fyzikální veličina, která vyjadřuje změnu termodynamického stavu systému, nikoli stavu samotného. Je to veličina osobitých rysů přenášejících energii mezi makroskopickými systémy. Teplo se neřadí mezi stavovou veličinu. [18, 19]

Teplo je tzv. vnitřní energie, kterou soustava přijme nebo předá při dotyku s jiným systémem, aniž by při tomto efektu docházelo k vykonávání práce. Tento efekt se nazývá tepelná výměna mezi jednotlivými vrstvami. O práci se hovoří tehdy, když dohází ke změně energie a můžeme ji vyjádřit jako součin prvků, zpravidla u síly, posunutí tlaku a změně objemu, nebo jako součin napětí, proudu a času. O teplo se jedná tehdy, když se změna energie jako součin jiných měřených veličin vyjádřit nedá. [19]

2.1 Fyzikální podstata tepla

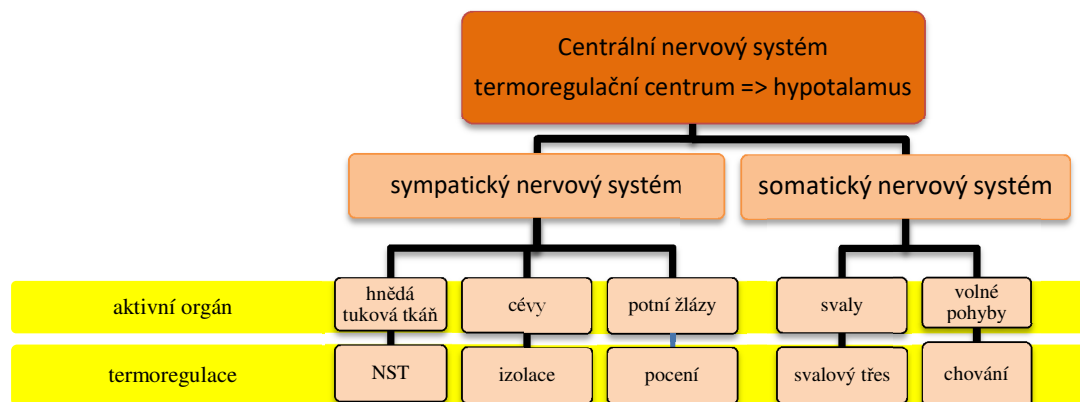
Z hlediska kinetické energie se při tepelné změně předává energie neuspořádaného pohybu částic, z nichž je složen systém přijímací, tak i systém odevzdávací. Tepelná přeměna nemusí být spjata pouze se změnou teploty, ale pokud ano, tak se hovoří o latentním teple.

Tepelná přeměna přímo nesouvisí s výměnou částic mezi systémy, změnou chemické podstaty ani změnou pohybového stavu systému. Změny tepla mohou mít stejný význam například u určitých mechanických prací nebo u kinetických energetických částic, nejsou však s nimi shodné a fyzikálně se od nich fundamentálně liší. Tyto rozdíly se projeví ve spektroskopii. [20]

3 Termoregulace lidského organismu

Termoregulací se rozumí schopnost lidského organismu udržovat neustále stejnou teplotu, která je pro daného člověka ideální. Tuto schopnost nesou pouze teplokrevní (homoiotermní) živočichové. Studenokrevní (poikilotermní) živočichové obměňují teplotu organismu podle okolní teploty a přizpůsobují se jí tak, aby byla ideální. [11]

Tělesná teplota lidského organismu je stav mezi existující teplotou organismu, přijímanou teplotou okolního prostředí a výdejem tepla z lidského organismu. Lidské tělo udržuje svoji stálou teplotu hlavně díky změně výdeje tepla. U termoregulace lidského organismu má největší význam kůže. Kůže má tu výhodu, že funguje stejně jako ohřívač i jako chladič organismu. Průměrná teplota lidského organismu je přibližně 37 °C. Tato teplota je pro lidský organismus nejvhodnější z důvodu látkové přeměny v organismu. Izolací pro lidské tělo od vnějšího prostředí je kůže, podkožní tuk a svalovina. Setrvání na teplotě 37 °C je výsledkem vyrovnanosti mezi teplem získaným bazálním metabolismem (množství energie vydané v klidovém stavu v teplotně neutrálním prostředí nalačno), svalovou činností a někdy také z okolního prostředí a výdejem nadbytečného tepla do okolního prostředí. [11, 21]



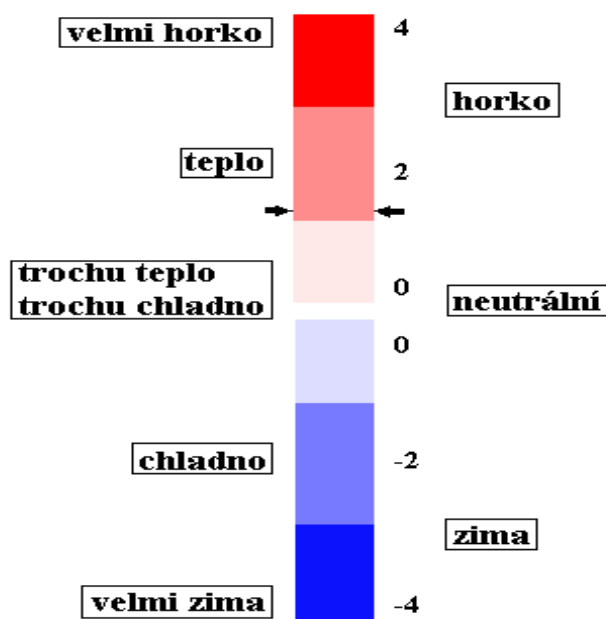
Obrázek 1: Termoregulační systém lidského těla [11]

Kolísání tělesné teploty

Tělesnou teplotu lidského organismu mohou ovlivnit různé faktory, jako jsou denní doba (okolo čtvrté hodiny ranní bývá teplota lidského organismu nejnižší a v poledních hodinách nejvyšší), aktivita organismu (když je organismus zatížen aktivitou, např. sportem, zvyšuje se aktivita metabolismu, a tudíž i teplo), sekvence některých hormonů (např. u ovulujících žen se vlivem progesteronu zvýší teplota o 0,5 °C) a hormony ovlivňující stimulaci metabolismu (růstový hormon, testosteron, adrenalin atd.). [21]

3.1 Teplota pokožky a pocity tepla

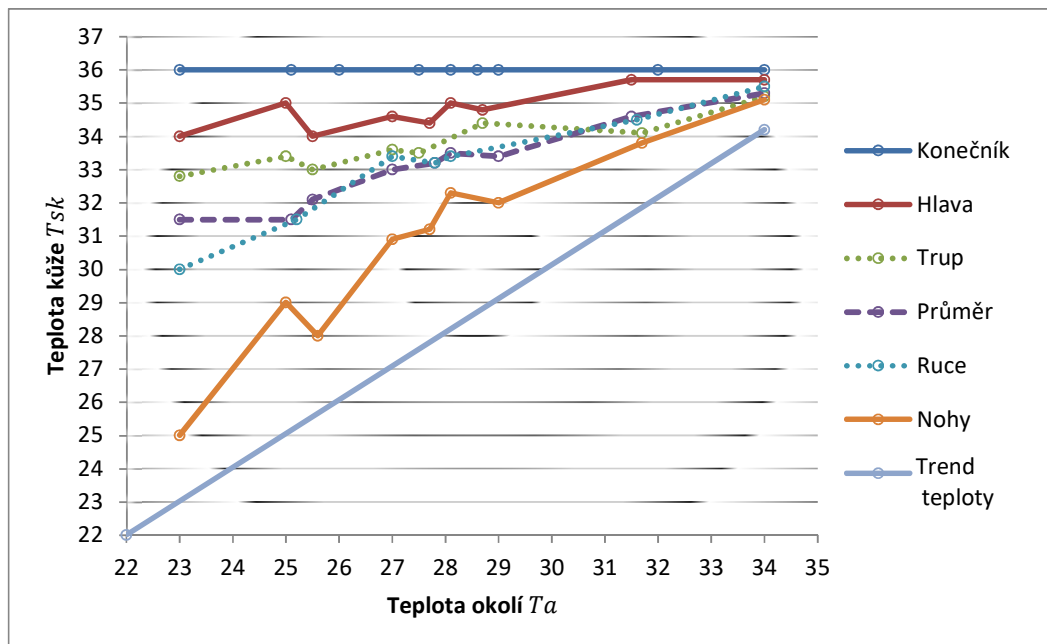
U lidského organismu bývá největší disperze tepla pokožkou, přibližně až 85 %. Tepelná citlivost pokožky se mění podle části lidského těla. Organismus udržuje automaticky tělesnou teplotu ve specifických teplotních mezích. Za normálních klimatických podmínek u rovnováhy produkce a výdeje tepla si teploty v různých částech těla udržují stálou hodnotu tepla. Když se tato stálá hodnota změní o jeden až dva stupně Celsia, nastává u člověka tzv. diskomfort (tělesné nebo sociální nepohodlí). Na obrázku č. 2 je zobrazena stupnice pocitu tepla v závislosti na změně teploty pokožky od teploty neutrální. [17]



Obrázek 2: Stupnice pocitu tepla [17]

3.1.1 Teplota pokožky

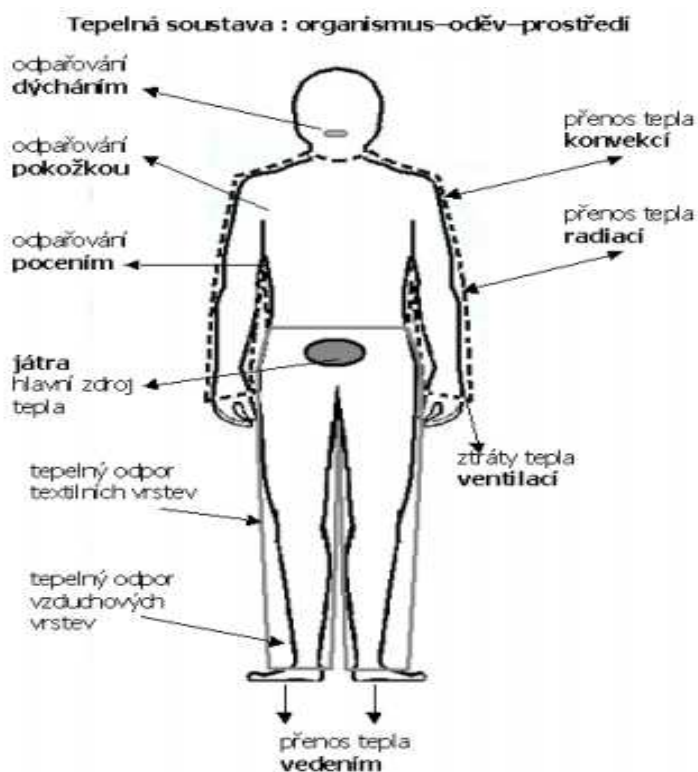
Teplota pokožky se mění dle místa, kde je měřena. Teplota pokožky se přibližně pohybuje okolo 37 °C a je závislá také na okolních teplotách. U lidského těla termoregulační systém (regulace průtoku krve, pocení či metabolické přeměny) zamezuje kolísání teplot v určitých místech. V případě nedostatku termoregulace hrozí přehřátí nebo podchlazení lidského organismu. Na níže vyobrazeném grafu je vidět teplota kůže nahého člověka v závislosti na teplotě okolí. [17]



Obrázek 3: Teplota kůže nahého člověka v závislosti na teplotě okolí [17]

3.2 Přenos tepla

Přenos tepla je komplikovaný děj, který probíhá v lidském organismu k udržení tepelné bilance mezi organismem a prostředím. Z povrchové vrstvy těla se převážná část tepla ztrácí sáláním a konvekcí. Tím vzniká ochlazování lidského organismu. Zbylá část tepla se předává vedením v kožní vrstvě (jako pocení). Proces vedení v sobě zahrnuje vypařování vlhkosti, čímž vznikne ztráta způsobená suchým a latentním dýcháním.



Obrázek 4: Tepelná soustava: organismus-oděv-prostředí [6]

Tepelnou bilanci zobrazenou na obrázku výše lze formulovat rovnicí v jednotkách tepelného výkonu vztaženou na jednotku plochy lidského těla, neboli v jednotkách tepelného toku q [W/m^2]. [6]

$$\left(M_{min} + \frac{L}{\eta} - L\right) = M - L \quad (1)$$

$$\frac{M - L}{A_{Du} \pm q_{vedení} \pm q_{proudění} \pm q_{záření} - q_{ins} - q_{res} - q_{persp} \pm q_{akum}} \quad (2)$$

Kde:

A_{Du} – povrch lidského těla dle Duboise [m^2], v průměru $1,8 \text{ m}^2$,

M_{min} – základní metabolický výkon [W],

M – celkový metabolický výkon [W],

L – aktivní výkon [W],

η – účinnost [%],

$q_{\text{vedení}}$	– přenos tepla vedením – kondukcí (při dotyku s pokožkou), důležitý u sezení a ležení,
$q_{\text{proudění}}$	– přenos tepla prouděním – konvekcí (proudění tepla kolem textilního materiálu nebo pokožky) [$W.m^{-2}$],
$q_{\text{záření}}$	– přenos tepla zářením – radiací (zahrnuje až 30 % tuku z celkového tepelného toku),
q_{ins}	– ochlazování nepatrným, nevnímátným odpařováním z kožních pórů,
q_{res}	– ochlazování dýcháním, dochází k snadnému přenosu na vnitřní straně plic,
$q_{\text{persp,e}}$	– ochlazování odpařováním na vnitřní straně plic,
q_{persp}	– naprosté ochlazování prostřednictvím potních žláz,
q_{akum}	– změna akumulovaného tepla při náhlé změně teploty prostředí.

Při určité fyzické námaze začne přenos tepla fungovat vlivem termoregulačního systému. Když v systému oděv-organismus, kde oděvní vrstva spolu se vzduchem tvoří prostředí (bariéru), které musí teplo, plyn a kapalina překlenout, překročí teplota vzduchu teplotu kůže, dochází k tepelné výměně: lidský organismus přijímá větší množství tepla ze vzduchu a naopak; pokud je teplota vzduchu nižší, organismus lidského těla teplo nepřijímá, ale vydává. Tento proces probíhá buď směrem do vnějšího prostředí, nebo směrem k pokožce. Směr a velikost přenosu tepla závisí buď na velikosti, nebo tlaku a teplotě u obou protistran prostředí oděvu. Jestli těmto přenosům tepla textilní materiál brání, nebo jim napomáhá, záleží na propustnosti tepla, vzduchu, vodní páry či vody. [1, 6, 11]

K přenosu tepla dochází následujícími způsoby, a to

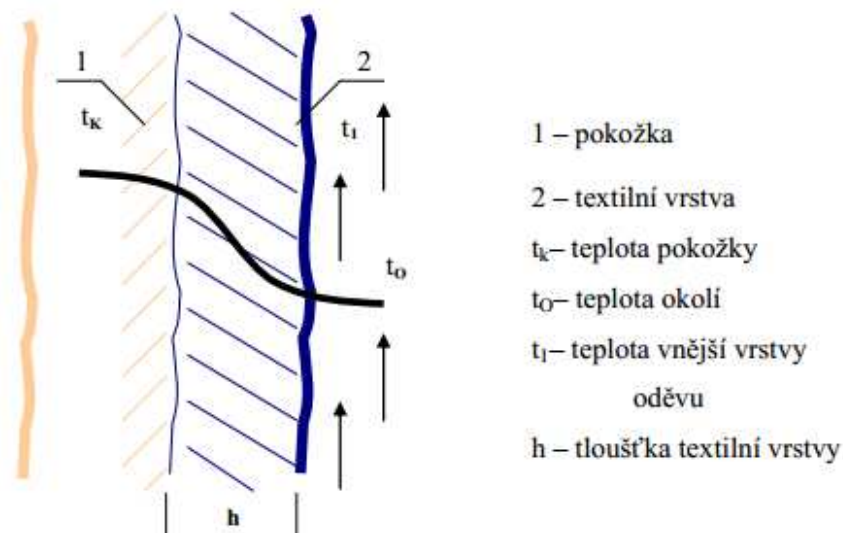
- **přímými:**
 - kondukcí (vedením),
 - konvekcí (prouděním),
 - evaporací (vypařováním),

- nepřímými:
 - respirací (dýcháním),
 - zářením (radiací).

3.2.1 Přenos tepla vedením

Při vedení tepla částice látky s vyšší teplotou odevzdávají část své střední energie prostřednictvím vzájemných konfliktů částicím v místech s nízkou teplotou. V tomto procesu se částice nepřemísťují, ale kmitají kolem své rovnovážné polohy. Jedná se o předávání kinetické energie molekul jednoho objektu s molekulami druhého objektu pomocí vzájemného vrážení do sebe.

S tímto vedením tepla se můžeme setkat v tělesech z pevných látek, protože různé části mají rozdílné teploty. Dále se tento proces objevuje v kapalných nebo plyných látkách. Kondukcí lidský organismus může ztrácet až 5 % tepla, jestliže je kůže v kontaktu s chladnější atmosférou. Proces přenosu tepla u lidského těla nastává pomocí přenosu tepla chodidly, zády, při spánku nebo sezení. Kondukce tepla je hlavním mechanismem přenosu tepla ve vrstvách oděvního materiálu. [1, 13]



Obrázek 5: Přenos tepla kondukcí mezi kůží a textilem [6]

3.2.1.1 Tepelná vodivost

O tepelné vodivosti se hovoří jako o fyzikální veličině patřící do tepelných charakteristik. Tepelná vodivost má schopnost přenášet nebo vést teplo skrz materiál a znázorňuje rychlost, s jakou se teplo šíří a přemísťuje z jedné, zahřáté strany materiálu na druhou, chladnější část materiálu. Měrná tepelná vodivost je součinitelem tepelné vodivosti λ . Je to materiálová konstanta, která umožňuje vést teplo. Čím je hodnota λ nižší, tím je vyšší tepelný odpor. O tepelném izolantu hovoříme tehdy, když jeho součinitel tepelné vodivosti je menší než $0,1 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$.

Dvě základní dělení pro stanovení tepelné vodivosti podle teploty zkušebního materiálu během měření jsou stacionární a nestacionární. U stacionární metody je nutné ustálit tepelný tok tak, aby procházející tok byl od teplejšího povrchu materiálu veden k chladnějšímu. Oproti tomu u metody nestacionární se stanovuje hodnota hledané veličiny na základě sledování průběhu teplotní vlny vzorkem.

Tepelnou vodivost má každý materiál jinou a tím se od sebe liší. Nejvyšší tepelnou vodivost, tedy cca od $300 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$, mají materiály z kovu. Pro měď, stříbro a nikl se tepelná vodivost pohybuje od $15 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$. Tepelná vodivost pro další (stavební) materiály (např. keramika) je od 0,3 do $2 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$. V textilním odvětví se využívají polymery a ty vykazují relativně nižší tepelnou vodivost, která leží v intervalu od 0,2 do $0,4 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$. Vzduch při teplotě 20°C za klidu má tepelnou vodivost $0,026 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$, zatímco tepelná vodivost vody je $0,6 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$, tj. 25krát větší než u vzduchu. Z těchto důvodů je přítomnost vody v textiliích nežádoucí. [6]

Příklady tepelných vlastností a hustoty materiálů jsou uvedené v tabulce č. 1.

Tabulka 1: Tepelná vlastnost a hustota materiálů

Materiál	Vlastnost		
	Součinitel tepelné vodivosti λ [W/m.k]	Měrná tepelná kapacita c [J/kg.K]	Hustota ρ [kg/m ³]
Beton hustý	1,230	1020	2100
Materiál z minerální plsti	0,056	880	100
Desky z polyesterového skleněného laminátu	0,21	1050	1600
Desky z PE	0,34	1470	930
Desky z PVC	0,22	1060	750
Pryž pěnová	0,048	1510	150
Koberec	0,065	1880	160
Hliník	204	870	2700
Železo	58	440	7850
Měď	372	380	8800

3.2.2 Přenos tepla prouděním

S přenosem tepla prouděním se setkáváme v životě velmi často. Je to další způsob šíření tepla, a to pomocí kapalin a plynu, kdy se přímo přemísťují částice a větší energie. Oproti vedení tepla může být tento způsob rychlejší. K tepelnému přenosu prouděním dochází také ve volné atmosféře nebo při obtékání různých těles. Samovolné tepelné proudění stoupá směrem vzhůru do volné atmosféry, protože teplejší části kapaliny a plynu mají menší hustotu. [13, 14]

Tento proces je jedním z nejvýznamnějších přenosů tepla mezi člověkem a okolním prostředím. Teplo je přenášeno partikulí tekutiny rychlosti v [m/s]. Rychlost přenosu partikulí tekutin závisí na materiálu. Mezi objektem a proudícím prostředím se vytváří tepelná mezní vrstva o definované tloušťce, kde se vytváří tepelný spád. Tloušťka mezní vrstvy je vyšší, když nastává laminární proudění tekutin, a klesá v případě proudění turbulentního (částice nezachovávají svůj původní směr a dráhu a vzájemně se mísí).

U přenosu tepla se užívá Reynoldsovo číslo. Když Reynoldsovo číslo převyšuje Re 2300, nastává turbulentní proudění tekutin. Tento proces je definován bezrozměrným vztahem.

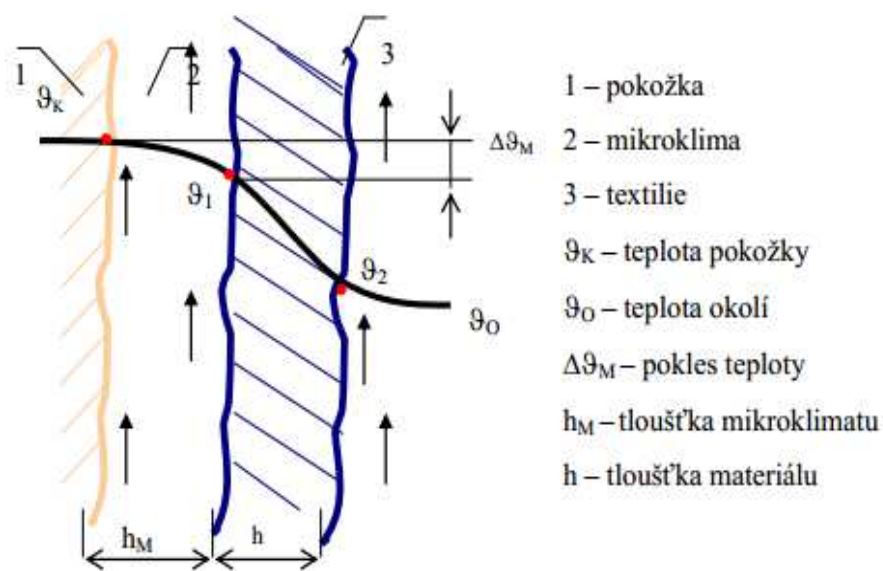
$$Re = v * \frac{d}{\nu} \quad (3)$$

Ve výše zmíněném vztahu d [m] znázorňuje rozměr objektu a ν [m^2/s] značí dynamickou viskozitu tekutiny. Při turbulentním toku je přesun tepla intenzivnější než u toku laminárního. [6, 14]

Tepelný tok q přenáší jakýkoli druh proudění a vyjadřuje se Newtonovým vztahem, který zní:

$$q = a_c(t_1 - t_2) \quad (4)$$

kde a_c [W/m^2K] je koeficientem přenosu tepla a t_1, t_2 označují teploty.



Obrázek 6: Přenos tepla prouděním [6]

3.2.3 Přenos tepla evaporací (odpařováním)

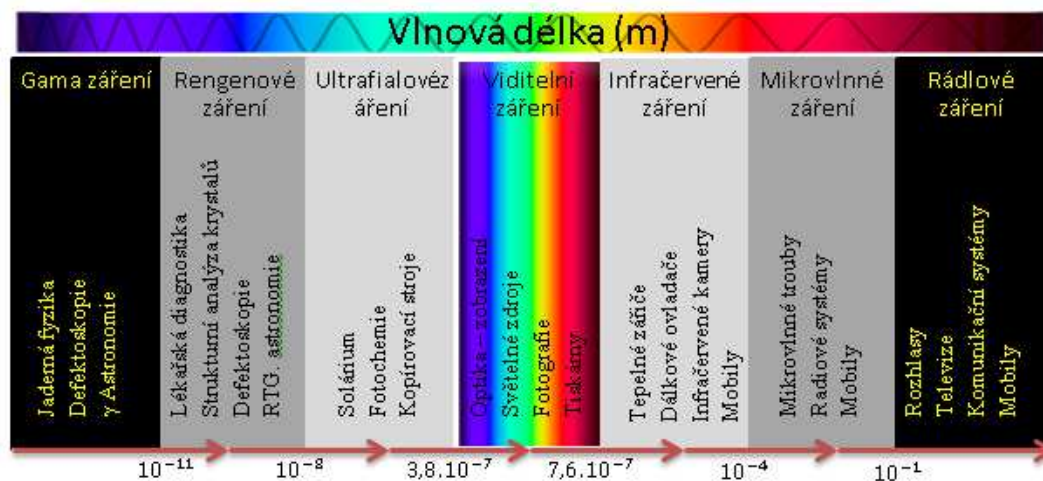
Jedná se o jeden z nejdůležitějších a nejúčinnějších způsobů přenosu tepla a představuje jediný možný způsob výdeje tepla, jestliže je teplota okolí vyšší než teplota těla. U člověka se evaporace projevuje vyloučením potem na pokožce: pot se odpařuje a svou přeměnou na kapalný plyn (páru) odebírá změnou skupenství povrchu

kůže určité množství tepla. Kromě potu se může u člověka odpařovat kapalina ze sliznic a plic. Za běžných podmínek se u člověka denně ztrácí 450–800 ml tekutiny.

Fyzikální podstatou je, že každá molekula na povrchu vody je přitahována přilehlými molekulami. Tyto molekuly opustí kapalinu a přemění se na molekuly páry. [21]

3.2.4 Přenos tepla zářením (radiací)

U těles vyzařujících energii se elektromagnetické vlnění přenáší pomocí různých vlnových délek o rychlosti 300 000 000 m/s. Podle těchto délek se rozděluje přenos tepla zářením na záření rentgenové (RTG), extrémní ultrafialové (EUV), světelné, infračervené, submilimetrové, mikrovlnné, elektromagnetické vlnění a gama záření, které má nejkratší vlnové délky, viz obrázek č. 6. Jedno z nejvýznamnějších šíření tepla je infračervené záření, protože je sááno tělesy a jeho energie se při tomto procesu mění v tepelnou energii. Infračervené záření má vlnovou délku přibližně od 0,78 do 360 μm . Tento tepelný přenos lze nazývat záření nebo také sálání. [1, 15]



Obrázek 7: Přenos tepla prouděním [16]

Každé záření je spojeno s přenosem energie. Totéž platí pro tepelné záření, v němž optické zákony přímočarého šíření rychlosti světla optimalizují odraz a lom. Přenos zářením energie nepředpokládá regeneraci látky. Tímto se proces záření liší od procesu sdílení tepla vedením a prouděním.

Tepelná energie, která vzniká z tepelného záření, se nazývá emise; opačný proces, tedy přeměna energie na záření, se označuje jako absorpce. Tyto proměny, emise a absorpce, jsou závislé na hmotnosti tělesa, na kterém proměna probíhá. [15]

4 Tepelný odpor

Tepelný odpor je efekt slučování přenosu tepla kondukčního (vedeného), konvekčního (proudícího) a zářícího. U velikosti tepelného odporu záleží na tom, do jaké míry působí každý z uvedených oddílů k celkovému přenosu tepla. Jelikož tepelná výměna se uskutečňuje mezi dvěma prostředími, na straně první lidské tělo, na straně druhé vnější prostředí, tepelný odpor může být různý.

Tepelný odpor se dělí do dvou kategorií. První kategorií je tepelný odpor pokožky a druhou kategorií je tepelný odpor přilehlé mezní vrstvy vzduchu. Intenzita naměřeného tepelného odporu se může změnit společně s měnícími se podmínkami. Tepelný odpor udává, jaké množství tepla proteče daným prostředím. Má-li vlákno malý tepelný odpor, jeho tepelná jímavost je vyšší, a tedy snadno přijme teplo a odvede ho pryč, proto pak při dotyku s vláknem působí vlákno chladnějším dojmem, na rozdíl od jiného vlákna o sice stejné teplotě, ale nižší tepelné jímavosti a vodivosti. Tento příklad je možno vysvětlit přirovnáním ke dvěma materiálům. Jeden materiál je kovový a druhý dřevěný. Oba materiály mají stejnou teplotu, ale dotykem ruky se zjistí, že dřevěný materiál je pocitově teplejší než předmět kovový. Kovový materiál je totiž rychlejší v odvádění tepla od zdroje. [1]

Tepelný odpor se značí písmenem R a jeho jednotkou je $[m^2KW^{-1}]$, udává velikost odporu proti proniknutí tepla. Čím vyšší je tepelný odpor materiálu, tím pomaleji teplo prochází materiálem. [2]

5 Přístroje měřící tepelné vlastnosti

Níže uvedené přístroje byly zahrnuty do teoretické části z hlediska rozdílného měření tepelných vlastností a rozdílného využití v průmyslovém odvětví (stavební, textilní). Měření tepelných vlastností je níže v jednotlivých odstavcích.

Některé tyto přístroje se nacházejí v Liberci na Technické univerzitě na Katedře hodnocení textilií a na Katedře oděvnictví.

5.1 KD2 Pro

KD2 Pro je přístroj určený k měření tepelných vlastností jak kapalných, tak pevných materiálů a je plně přenosný. Měří měrné teplo, tepelnou vodivost, tepelnou difuzivitu a tepelný odpor. Přístroj je složený z ručního přístroje a snímače signálu s jehlou, která se vkládá do média při měření. Měřicí sondy se při měření zavádí převážně do zeminy, ale může se zavést i do jakéhokoli jiného materiálu. Následně po spuštění přístroje se stiskne levé tlačítko *start*; přístroj provádí měření necelých 5 minut. Během měření přístroj začíná ohřívat sondu do teploty 150 °C a následně se zchladí na -50 °C. Na základě měření hodnot během ohřevu a chlazení sondy provede přístroj výpočet tepelných vlastností.

Přístroj je založen na metodě nerovnovážného liniového zdroje (transient line source method). Je to sofistikovaná analýza dat, založena na více jak třicetileté praxi a testování při výzkumu přenosu tepla a hmoty v půdě a dalších pórovitých materiálech. [37]



Obrázek 8: Přístroj KD2 Pro [37]

5.2 THASYS

Přístroj THASYS byl vyvinut pro měření tepelné vodivosti a k měření celkového tepelného odporu kompozitu a elektrických izolačních materiálů. Měření probíhá podle normy ASTM 1114-98. Umožňuje relativně velmi rychlé měření celkového odporu a tepelné vodivosti. Přístroj se skládá z ohřívacích termočlánků (THA01), řídicí jednotky (MCU) a měřicí jednotky. THASYS je vhodný na měření tenkých materiálů a kompozitních materiálů od 0,1 do 6,0 mm. Přístroj má vysoce citlivý termoelektrický snímač, díky kterému je možné měřit tepelnou vodivost až do hodnot 200 W/mK. Teplotní rozsah přístroje, při kterém může měřit, je od –30 °C do 180 °C a systém je řízený plně automatizovaným softwarem pomocí počítače.

Samotný princip měření je založen na tom, že tenký ohříváč termočlánku má zanedbatelný boční tepelný tok. Kombinací úzkého ohříváče, dvou podobně tenkých a širokých vzorků a dvou chladičů je možné vytvořit stejnorodé tepelné pole se známým tepelným tokem přes oba materiály (vzorky). [36]

$$\lambda = q \frac{h}{\Delta T} \quad (5)$$

Oproti ostatním metodám je tato metoda založena na principu chráněné tepelné desky, a tak přístroj nevyžaduje referenční vzorek nebo kalibrační snímače.



Obrázek 9: Přístroj THASYS [36]

5.3 Měření tepelného odporu

Stanovení tepelného odporu probíhá za sucha (bez žádného vlhčení a rosení). Tepelný odpor R_{et} znázorňuje prostupnost tepla skrze daný vzorek při určité teplotě t_m z jeho jedné strany a u přenosu tepla konvekci z jeho druhé strany vnější do vzduchu o teplotě t_a , zatímco tepelný odpor z vnější mezní vrstvy se odečítá, protože povrch skutečné textilie je hrubý, a proto rozdílný, a tak je stanovena hodnota tepelného odporu jen přibližná. [3] Příklady tepelných vodivostí materiálu se nachází v tabulce č. 2.

Tabulka 2: Tepelná vodivost a odpor

Materiál	$\frac{\lambda_{20}}{[W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}]}$	Materiál	Tloušťka [m]	$[(m^2 \cdot K) / W]$
Stříbro 99,98 %	418	Polyester	$4,88 \times 10^{-3}$	0,097
Měď	395	Polypropylén	$3,76 \times 10^{-3}$	0,073
Hliník 99,75 %	163	Skelná vlna	50×10^{-3}	1,51
Železo 99,92 %	70,3	Len	40×10^{-3}	1,14
Ocel 0,2 %	50	Ovčí vlna	4×10^{-3}	0,8
Olovo	34,7	Celulóza	20×10^{-3}	0,50
Tabulové sklo	0,6–1,0	Konopí	50×10^{-3}	1,25
Asfalt	0,7	–	–	–
Polystyrén	0,16	–	–	–

λ_{20} – součinitel tepelné vodivosti při teplotě 20 °C

5.4 Permetest

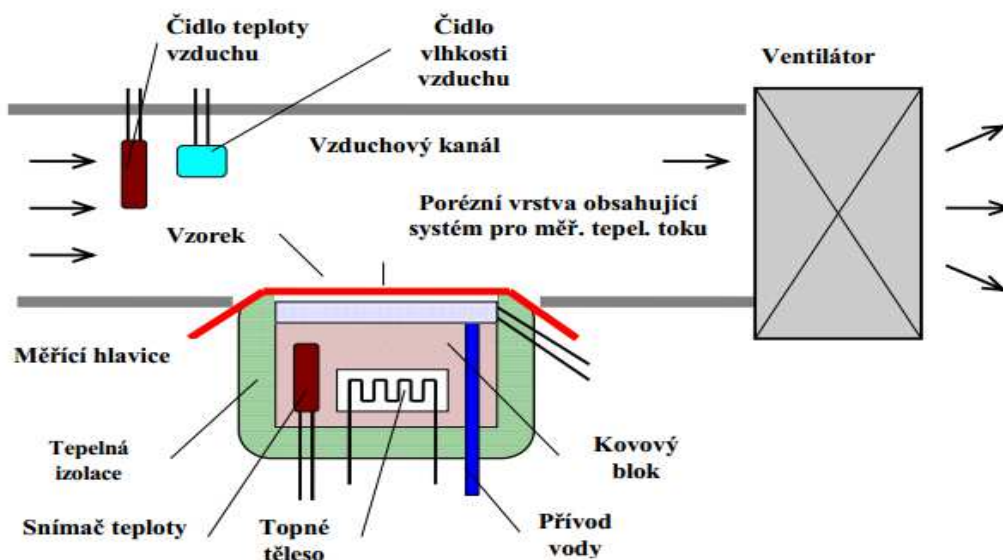
Tento přístroj poskytuje relativně snadné měření tepelného odporu a paropropustnosti textilního materiálu. Přínosem tohoto přístroje je, že umožňuje provádět měření v běžných klimatických podmínkách kdekoliv. Další výhodou je, že měření trvá krátkou dobu.

Přístroj je založen na přímém měření tepelného toku q , procházejícího povrchem tepelného modulu, tzv. SKIN MODEL (model lidské pokožky). Vnitřní povrch modulu je porézní a zvlhčovaný, tím pádem napodobuje funkce ochlazení (pocení). [6]

Měření je prováděno pomocí separační fólie, na kterou se přiloží textilní materiál. Následně na vnější straně je textilní materiál ofukován. Při měření je měřicí

hlavice pomocí elektrické topné spirály a regulátoru udržována na teplotě okolního vzduchu 20–30 °C. Tento vzduch se do přístroje nasává pomocí vnitřního ventilátoru. Takto se zaručí izotermické podmínky pro měření. Vlhkost v porézní vrstvě se při měření přeměňuje v páru; ta prostupuje separační fólií, která prochází vzorkem. Náležitý výparný tepelný tok je měřen speciálním čidlem a jeho hodnota je přímo úměrná paropropustnosti textilního materiálu nebo také nepřímo úměrná výparnému odporu.

Při měření tepelného odporu měřeného materiálu je měřicí hlavice udržována suchá a je zahřívána na teplotu 10–20 °C. Tato teplota je větší, než je teplota okolního vzduchu. Tepelný tok odváděný z textilního materiálu prouděním do okolního vzduchu je opět regulován. [6]



Obrázek 10: Schéma přístroje Permetest [6]

5.4.1 Stanovení tepelného odporu na přístroji Permetest

Tepelný odpor R_{et} vyjadřuje odpor vniknutého tepla skrze textilní materiál při určité teplotě t_m na vnitřní straně a při přenosu tepla konvekcí ze strany vnější do vzduchu o teplotě t_a , přičemž tepelný odpor této vnější mezivrstvy se odečítá. Tepelný odpor pro jemný měřicí povrch se odečítá, zatímco u textilie s odlišným a drsným povrchem je tato hodnota tepelného odporu jen přibližná, a proto platí tento vztah: [6]

$$R_{et} = (P_m - P_a) * (g_v^{-1} - g_o^{-1}) \quad (6)$$

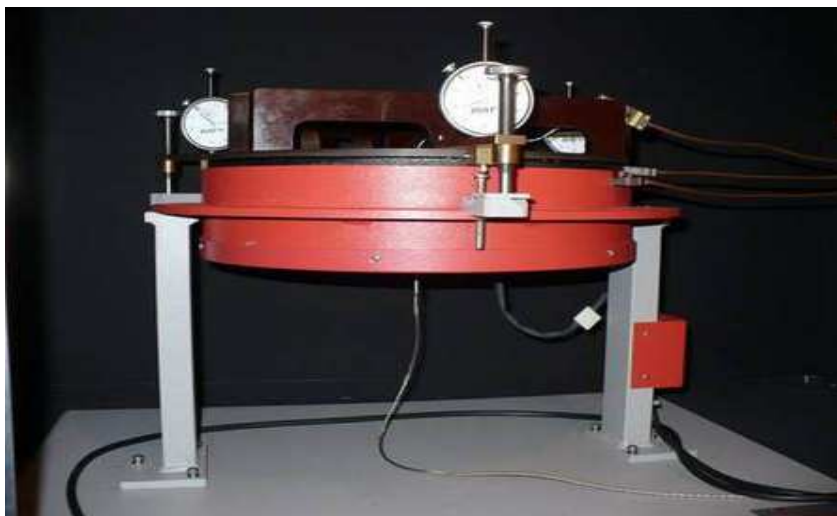
Kde:

- R_{et} – výparný odpor zkušební vzorku [$m^2 \cdot Pa / W$],
- P_m – nasycený parciální tlak vodní páry na povrchu měřicí sondy [Pa],
- P_a – parciální tlak vodní páry ve vzduchu měřicího prostoru při teplotě vzduchu v měřicím prostoru [Pa],
- g_v^{-1} – plošná hustota tepelného toku procházející měřicím čidlem nezakrytým měřicím vzorkem [W/m^2],
- g_o^{-1} – plošná hustota tepelného toku procházející měřicím čidlem zakrytým měřeným vzorkem [W/m^2].

5.5 Togmeter

Přístroj Togmeter se používá na měření tepelně izolačních vlastností, jako je výše zmíněný tepelný odpor. Tento přístroj se používá převážně v oděvním průmyslu, kde má stanovit vhodné oblečení na zimní období (Climashield, Primaloft, Polartec). Některé materiály používané v zimním období v oděvním průmyslu mají vysokou gramáž, ale i přes to mají i nízký tepelný odpor. Proto tento přístroj má za úkol vybrat vhodný materiál, který bude mít při měření co nejvyšší tepelný odpor při co nejnížší váze a stlačitelnosti materiálu. Produkty z takovýchto textilních materiálů jsou vysoce hřejivé, lehké apod.

Do přístroje se vkládají textilní materiály kruhového tvaru o průměru 330 mm. Je třeba dbát na to, aby horní deska přístroje působila na textilní materiál o síle 6,9 Pa. Aby tato síla mohla působit, musí být textilní materiál změřen na tloušťkoměru. Pokud je známa tloušťka materiálu při působení síly 6,9 Pa, nastaví se průměrná tloušťka materiálu jako vzdálenost mezi horní a dolní deskou přístroje a následně se přístroj může spustit. Teplota spodní desky $T1$ se převážně nastavuje na teplotu lidského těla 31–35 °C. Teplota měřeného materiálu se značí $T2$ a teplota vnější strany studené desky $T3$ činí převážně 25–27 °C. Stanovená doba měření je přibližně na 4 hodiny. Po tuto dobu zaznamenává počítačový software teplotní změny mezi $T1$ a $T2$. Následně přístroj z naměřených hodnot vyhodnotí tepelné izolační vlastnosti. [5]



Obrázek 11: Přístroj Togmeter [5]

EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

Experimentální část diplomové práce se zabývá měřením tepelného odporu na přístroji Alambeta a Termoskop s dvěma různými typy vzorků. **Vzorků typu A** je celkem deset a příliš se od sebe neliší tloušťkou, ale materiálovým složením a dostavou. Textilní vzorky se shodují ve vazbě (kepr) a podobné tloušťce (1–1,5 mm). **Vzorků typu B** je pět a jsou od sebe úplně odlišné, a to jak tloušťkou (3–19 mm), tak hmotností, vazbou atd. U těchto vzorků se zejména zjišťovalo, jaký vliv má tloušťka na měření tepelného odporu u různých druhů podkladových materiálů. U přístroje Termoskop bylo použito 5 různých podložek, které se lišily materiálovým složením, hustotou, porozitou atd.

Experimentální část byla provedena v klimatizované laboratoři na Katedře hodnocení textilií (KHT). Měření bylo provedeno na přístrojích Termoskop a Alambeta. U vzorků se stejnou tloušťkou bylo provedeno měření s deseti opakováními a u vzorků s různou tloušťkou s pěti opakováními.

Naměřená data se následně vyhodnocovala pomocí programů MS Excel a QC Expert. Pro popisnou statistiku se vyhodnocoval průměr, rozptyl a směrodatná odchylka. Další krok spočíval ve výpočtu jednofaktorové analýzy rozptylu (Anova). Pro analýzu rozptylu byla zvolena hladina významnosti $\alpha = 0,05$. Následně byla data zanesena do grafů (histogram, interval spolehlivosti). Tyto statistické metody byly použity jak na měřený tepelný odpor na Termoskopu, tak i na Alambetě. V další fázi byla data naměřená na Termoskopu i Alambetě porovnána, aby se zjistilo, zda podkladové desky z různého materiálu mají vliv na měření tepelného odporu. Následně se porovnávaly závislosti naměřených dat na podkladových materiálech z přístroje Termoskop. V poslední fázi se zkoumal vliv tloušťky na tepelný odpor měřený na přístroji Termoskop.

6 Testované materiály

V experimentu byly použity dva typy vzorků. Tyto materiály se vybíraly pod drobnohledem vedoucího práce. Zvolily se dva typy materiálu vzorků A a vzorků B. Tyto vzorky se od sebe liší tloušťkou, materiálovým složením aj. Vše je popsáno v následujících kapitolách.

6.1 Charakteristiky použitých vlákenných materiálů

Vzorky typu A mají různé procentuální materiálové složení bavlny a polypropylenu. Všechny tyto materiály mají keprovou vazbu.

Kepr

Keprová vazba patří mezi základní vazby a jejím charakteristickým rysem je šikmé řádkování, a to buď pravostranné (zleva doprava, tj. pravý kepr), nebo levostranné (zprava doleva, tj. levý kepr).

Podle toho jaký vazebný prvek ve střídě převažuje, jedná se o útkový, nebo osnovní kepr. Útkový kepr má šikmé řádkování a to vytváří osnovní vazné body. V osnovním kepru je ve střídě menší počet útkových vazných bodů a vzájemně se dotýkají v šikmém směru a vytvářejí jednoduché šikmé řádkování.

Označením pro keprovou vazbu je písmeno *K*. Značení vazných bodů jak pro útkové, tak pro osnovní body ve střídě se vyjadřuje pomocí zlomku. V čitateli jsou osnovní body a ve jmenovateli útkové body. U zlomku se navíc píše písmeno značící směr: *S* (značící levý kepr) a *Z* (značící pravý kepr). [35]

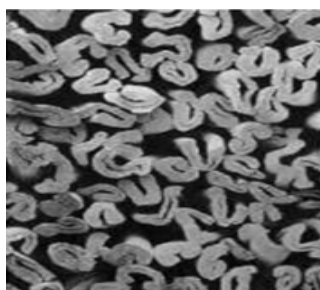
Bavlna

Bavlna (CO) je přírodní celulózové vlákno s čistou celulózou. Je nejvíce využívaným přírodním vláknem jak už v čistém, nebo ve směsovaném stavu, nejčastěji s polyesterem.

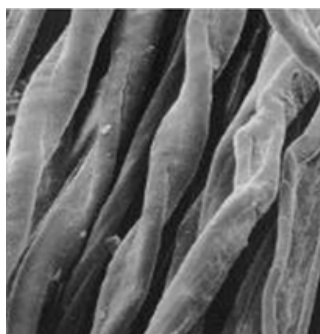
Zralost vláken lze rozpoznat z tloušťky stěny vlákna. Nezralé vlákno má tvar stužky, která je mírně stočená. Stěny vlákna bývají tenké, průřez vláken má nezralá bavlna zploštělý. Zralá bavlna má bílý, našedlý, žlutavý či nahnědlý odstín. U zralé bavlny je zřetelně vyvinutá buněčná stěna s lumenem. Bavlna se odlišuje od ostatních

vláken svým šroubovicovým tvarem. Mrtvá vlákna mívají tenké široké stužky, které jsou překládány.

Jemnost bavlněných vláken se pohybuje v rozmezí 1–4 dtex a délka těchto vláken okolo 20–60 mm. Pevnost za sucha se pohybuje v rozmezí 2–4 cN/dtex, přičemž pevnost za mokra je větší. Tažnost za sucha činí 6–10 %, za mokra je vyšší. Vlákná mají dobré vlastnosti, jako je hřejivost a pocit tepla. Na obrázcích níže lze vidět bavlněná vlákna vzorků pod mikroskopem. [23, 24]



Obrázek 12: Bavlněná vlákna v příčném řezu [22]



Obrázek 13: Bavlněná vlákna v podélném směru [22]

Polypropylén

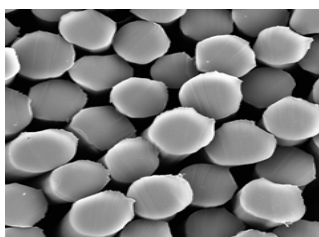
Polypropylénová (PP) vlákna jsou ze syntetických polymerů. Vyrábí se zvláknováním z taveniny a následně se dlouží. Vlákná mají kruhový průřez, proto se tato vlákna špatně barví. Dále se vyrábí vlákna pro speciální použití s nejrůznějšími profily. Molekula polypropylenu, tzv. monomer, se skládá ze tří uhlíků a šesti vodíků s dvojnou vazbou ve struktuře, která je při polymeraci využita.

Polypropylénová vlákna nacházejí široké uplatnění v průmyslu. Výhodou těchto vláken je velmi snadná dostupnost základní suroviny, jíž je vedlejší produkt při zpracování ropy. [34]

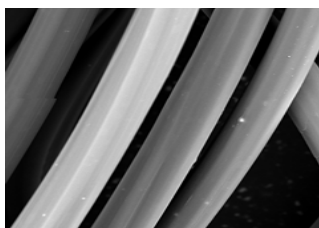
Tato vlákna se často směsují s jinými vlákny a mají velkou odolnost vůči oděru, (ta je až 2,5krát vyšší než u bavlny). Mají nízkou tvarovou stálost a malou schopnost zotavení. Nejsou navlhavá, ale vyznačují se velkou vzlínavostí, která napomáhá transportu vlhkosti. Teplota tání vláken je 165–175 °C. Mají vysokou odolnost vůči chemikáliím, vysokou pevnost, malou odolnost vůči UV záření a nízkou tvarovatelnost.

Použití tohoto materiálu se uplatňuje v medicíně a sportovním a stavebním průmyslu (agrotexilie, geotexilie). [33, 32]

Jednotlivá vlákna polypropylénu měřených vzorků jsou zobrazena na obrázcích níže.



Obrázek 14: Polypropylénová vlákna v příčném směru [22]



Obrázek 15: Polypropylénová vlákna v podélném pohledu [22]

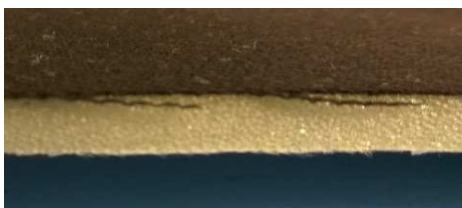
Každý použitý materiál k měření byl nastříhán na rozměry: 100×150 mm. Popis použitých materiálů se nachází v tabulkách č. 3 a 4 (viz další kapitoly).

Polyuretan

Polyuretan (PUR) má velké využití v průmyslu. Vyrábí se z něho tvrdé pěny, integrální pěny, elastomery, těsnění, matrace atd. Začátek jeho výroby sahá až před druhou světovou válku. Hlavní složkou pro výrobu polyuretanu jsou zemní plyn, uhlí a nejvýznamnější složkou je ropa. Vzniká pomocí chemické reakce polyadící. [41]



Obrázek 16: Vzorek B1 – polyuretanová pěna



Obrázek 17: Vzorek B4 – polyuretan, polyester

Polyetylén

Polyetylén (PE), druh termoplastu, vzniká pomocí polymerizace etanu za pomoci vstřikování nebo vytlačování. Neobsahuje žádné polární skupiny a tvoří silné mezimolekulární vazby. Vlákná jsou měkká a málo pevná. Polyetylén snese teploty až 80 °C a je odolný vůči zásadám i kyselinám.

Mimořádně pevný PE je však schopen pohltit extrémní množství deformační energie. Proto tento textilní materiál pohltí pořezání, propíchnutí, prostřelení. Používá se pro výrobu námořních lan, lehkých ochranných helem, extra lehkých helem atd. [23]



Obrázek 18: Vzorek B3 – polyetylén



Obrázek 19: Vzorek B2 – polyetylén

Polyester

Polyesterová vlákna (PES) se řadí k největší spotřebě vláken na světovém trhu. Jeho spotřeba činí až 47,5 % a stále roste. Vlákná se velmi často směsují s bavlnou, vlnou a viskózou. Postup výroby vláken je zvlákňování, dloužení, fixace, aviváž a řezání. Mezi výhody patří vysoká modulová pružnost, pevnost, tažnost a elastické zotavení. Mezi nevýhody patří vysoká žmolkovitost, nízká navlhavost a vysoká měrná hmotnost. [23]



Obrázek 20: Vzorek B5 – polyester

6.2 Popis použitých vzorků

Vzorky typu A mají různé procentuální materiálové složení bavlny a polypropylenu. Všechny tyto materiály mají keprovou vazbu. Popis pro konstrukci jednotlivých vzorků se nachází v tabulce č. 3.

Tabulka 3: Použité vzorky typu A v experimentu

Vzorek	Složení	Tloušťka [mm]	Hmotnost [g]	Plošná hmotnost [g/m ²]
A1	100 % PP kepr, 45 tex, Dú 13,4 (1/2)	1,39	4,4	293
A2	65 % PP, 35 % CO kepr, 45 tex, Dú 13,4 (1/2)	1,21	4,3	286
A3	50 % PP, 50 % CO kepr, 45 tex, Dú 13,4 (1/2)	1,52	4,2	280
A4	65 % CO, 35 % PP kepr, 45 tex, Dú 16,5 (1/2)	1,15	4,6	306
A5	100% CO kepr, 45 tex, Dú 16 (1/2)	1,4	4,4	293
A6	65 % CO, 35 % PP kepr, 45 tex, Dú 18 (1/5)	1,1	4,5	300
A7	50 % PP, 50 % CO kepr, 45 tex, Dú 18 (1/5)	1,2	4,9	326
A8	65 % PP, 35 % CO kepr, 45 tex, Dú 18 (1/5)	1,35	5,1	340

Vzorek	Složení	Tloušťka [mm]	Hmotnost [g]	Plošná hmotnost [g/m ²]
A9	100 % PP kepr, 45 tex, Dú 18 (1/5)	1,12	5,3	353
A10	100 % CO kepr, 45 tex, Dú 18 (1/5)	1,1	5,0	333

Vzorky typu B mají různé materiálové složení a liší se od sebe tloušťkou, která byla i hlavním prvkem pro další měření tepelného odporu. Shrnutí konstrukce pro jednotlivé vzorky se nachází v tabulce č. 4.

Tabulka 4: Použité vzorky typu B v experimentu

Vzorek	Složení	Tloušťka [mm]	Hmotnost [g]	Plošná hmotnost [g/m ²]
B1	PUR	19,5	30,02	429
B2	PE	5,4	8,5	135
B3	PES	6,2	11,92	187
B4	PES, PUR	7,2	15,92	425
B5	PES	3,68	9,72	0,92

7 Metody statistického zpracování použité v experimentu

Statistické vyhodnocení naměřených dat bylo prováděno v programech MS Excel a QC Expert. V MS Excelu se vypočítávala popisná statistika (průměr, směrodatná odchylka, interval spolehlivosti) a také jednofaktorová analýza rozptylu. V QC expertu se počítala Scheffého metoda mnohonásobného porovnávání.

7.1 ANOVA (analýza rozptylu)

Analýza rozptylu je statistická metoda, která umožňuje prozkoumat závislost kvantitativního znaku na kvalitativním znaku. Hlavní idea Anovy je v rozkladu celkového rozptylu na dílčí rozptyly náležitých jednotlivých jevů, podle nichž jsou data roztržena. Kromě jednotlivých rozptylů je jednou souhrnnou složkou rozptylu tzv. reziduální rozptyl, který je podmíněn nepostiženými vlivy. Podle počtu faktorů se analýza rozptylu dělí na jednofaktorovou, dvoufaktorovou a vícefaktorovou. [40]

Pro data naměřená na přístrojích Termoskop a Alambeta byl zvolen vhodný výpočet, a to jednofaktorová analýza rozptylu.

Tabulka 5: Jednofaktorová analýza rozptylu [40]

Zdroj variability	SS	Rozdíl	MS	F	Hodnota P	F krit
Mezi výběry	S_{ym}	$df_m = k - 1$	$\frac{S_{ym}}{k - 1}$	$T = \frac{\frac{S_{ym}}{k - 1}}{\frac{S_{yv}}{N - k}}$	p-hodnota	$F_{(k-1)(N-k)}(\alpha)$
Všechny výběry	S_{yv}	$df_v = N - k$	$\frac{S_{yv}}{N - k}$	-	-	-
Celkem	S_y	$df_c = N - 1$	-	-	-	-

Vysvětlivky k tabulce č. 5:

S_{ym} – meziskupinový součet čtverců

S_{yv} – vnitroskupinový součet čtverců

S_y – celkový součet čtverců

df_m – počet stupňů volnosti pro meziskupinový součet čtverců

df_v – počet stupňů volnosti pro vnitroskupinový součet čtverců

df_c – počet stupňů volnosti pro celkový součet čtverců

N – celkový počet

k – číslo výběru

T – testové kritérium

p-hodnota – nejmenší hladina významnosti testu

$F_{(k-1)(N-k)}$ – obor přijetí

7.2 Scheffého metoda mnohonásobného porovnání

Scheffého metoda mnohonásobného porovnání nebo také test mnohonásobných kontrastů je založena na principu porovnání dvou středních hodnot μ_k a μ_l , kde μ_k a μ_l představují střední hodnoty skupin k a l , přičemž skupiny k a l mohou obsahovat pouze jeden výběr a obráceně druhá z nich může obsahovat $k - 1$. Výhodou tohoto testu je, že nepotřebujeme žádné speciální hodnoty, které se uvádějí v rozsáhlých statistických tabulkách, ale postačí pouze běžná hodnota F , jejíž tabulky jsou součástí nejen statistických tabulek, ale i většiny učebnic. [40]

8 Přístroje použité v experimentální části

Použité přístroje v experimentu byly dva, a to Termoskop a Alambeta. Tyto přístroje se nachází na Katedře hodnocení v laboratoři při TUL. Měření probíhalo za stálých podmínek při teplotě 24 °C a vlhkosti vzduchu 53 %.

8.1 Termoskop

Termoskop byl vyvinut pro měření tepelného odporu izolační vrstvy. Vnitřní plocha přístroje, jež je nepřístupná, je převrácena k izolovanému objektu a je v tepelném kontaktu s plochou vnější stěny izolovaného objektu. Přístroj pro stanovení tepelného odporu izolační vrstvy nepotřebuje znát ani tloušťku, ani teplotu druhého povrchu izolační vrstvy, které jsou nepřístupné za podmínky, že nepřístupná plocha má v rozsáhlejší oblasti stále stejnou teplotu. Přístroj na vnější ploše izolační vrstvy změří tepelné toky $q1$ a $q2$ při odlišných teplotách $t1$ a $t2$. Poté se z různorodých naměřených tepelných toků $q1$ a $q2$ a s příslušnou rozdílnou teplotou $t1$ a $t2$ spočítá tepelný odpor r izolační vrstvy. [7]

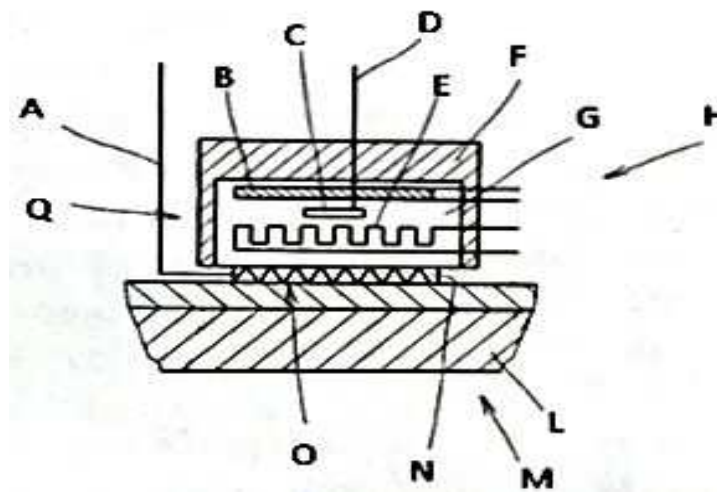
Na přístroji se nejdříve uskutečňuje měření tepelného toku při nízké teplotě, následně při vyšší teplotě pomocí stejného snímače tepelného toku, který se přikládá na plochu izolační vrstvy. [7]

Vztah pro výpočet tepelného odporu:

$$r = \frac{t1 - t2}{q1 - q2} \quad (7)$$

Výše uvedený vztah popisuje:

- $t1$ – nižší teplota (chlad),
- $t2$ – vyšší teplota (zdroj tepla),
- $q1$ – tepelný tok (náležitá nízká teplota $t1$),
- $q2$ – tepelný tok (náležitá vyšší teplota $t2$).



Obrázek 21: Schéma přístroje Termoskop [7]

A – výstupní snímač tepelného toku

B – zdroj tepla

C – teploměr

D – výstup teploměru

E – mřížkovaný chladič

F – izolační kryt měřicího bloku

G – měřicí blok

H – sonda

L – izolační prostor

M – izolační prostor

N – snímač teplotního toku

O – kontaktní plocha sondy

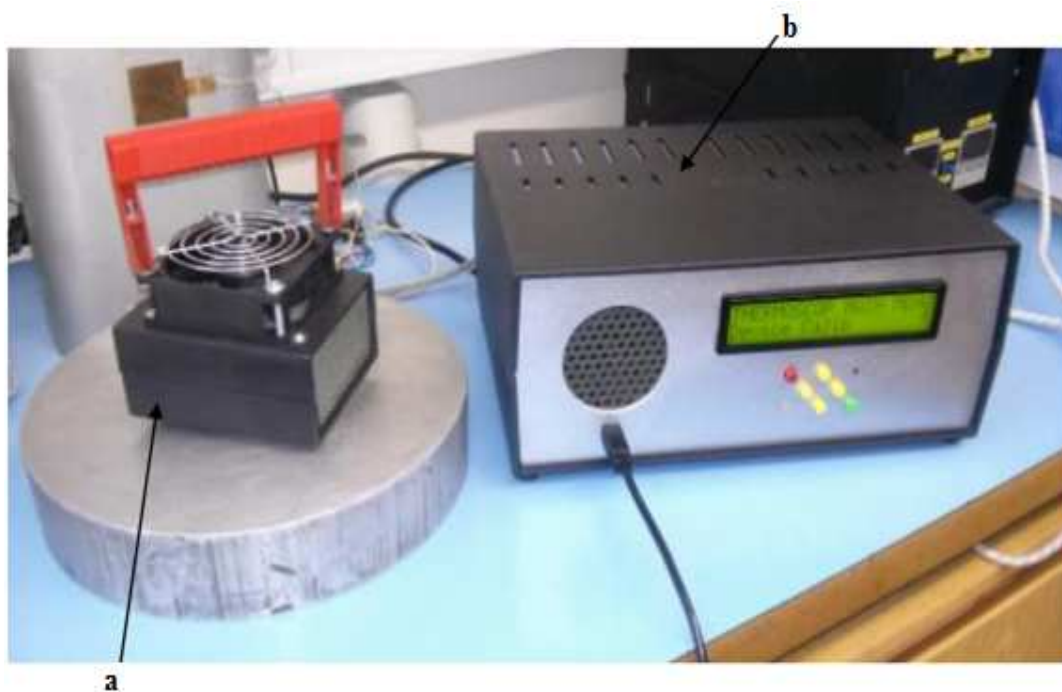
Q – kombinovaný zdroj tepla

8.1.1 Způsob měření

Principem stanovení tepelného odporu r na textilním materiálu, který má vyšší tepelnou kapacitu, spočívá v umístění měřicí sondy na vnější plochu textilie. Tato sonda se přiloží na textilní materiál dotykovou plochou o určitém přitlaku s konkrétním tepelným tokem q_1 a q_2 . Plocha snímače odvrácena od izolační vrstvy se buď zahřeje, nebo zchladí na okolní teplotu v měřeném prostředí na t_1 . Poté se teplota t_1 zastaví na

určité hodnotě a na hodnotě příslušného tepelného toku $q1$. Následně sonda zašle naměřená data $t1$ a $q1$ do počítačové jednotky, kde se naměřená data uloží.

Za určitý čas se plocha snímače, odvrácena od izolované vrstvy, zahřeje na teplotu $t2$, která je vyšší než teplota $t1$ (cca 8–10 °C). Po zastavení teploty $t2$ na určité hodnotě se společně s náležitou hodnotou tepelného toku $q2$ (zjištěna snímačem) předá na výstupní jednotky. Přístroj vypočítá z prvních naměřených hodnot $t1$ a $q1$ a z druhých naměřených hodnot $t2$ a $q2$ výsledky tepelného odporu r z tepelně izolační vrstvy. [7]



Obrázek 22: Přístroj Termoskop [39]

a) sonda na měření tepelného odporu

b) hlavní panel přístroje [7]

8.2 Alambeta

Jedná se o poloautomatický přístroj s řízeným počítačem, který současně s měřením zvládne vyhodnotit statistické hodnoty naměřených veličin a zároveň dokáže zabránit chybné operaci přístroje díky autodiagnostickému programu. Přístroj měří termofyzikální vlastnosti textilií, a to jak stacionární tepelně izolační vlastnosti, tak

i dynamické vlastnosti (tepelný odpor, tepelná vodivost, tepelná jímavost, tepelný tok). Celý proces měření trvá přibližně 3–5 min. U zařízení Alambeta je využito impulsní okrajové podmínky prvního druhu, což znamená, že je daná konstantní měřicí plocha a konstantní teplota 35 °C, která odpovídá přibližné teplotě lidské kůže, jež si tuto teplotu zachová díky průtoku krve i při dotyku s textilem. [6]

8.2.1 Měřené parametry

Tloušťka materiálu h [mm] a měrná tepelná vodivost λ [$W \cdot m^{-1} K^{-1}$] představují množství tepla, které proteče jednotkou délky za určitý čas a vytváří odchylku teploty 1 K. S rostoucí teplotou tepelná vodivost klesá. Hodnotu, kterou udává přístroj, je zapotřebí dělit 10^3 .

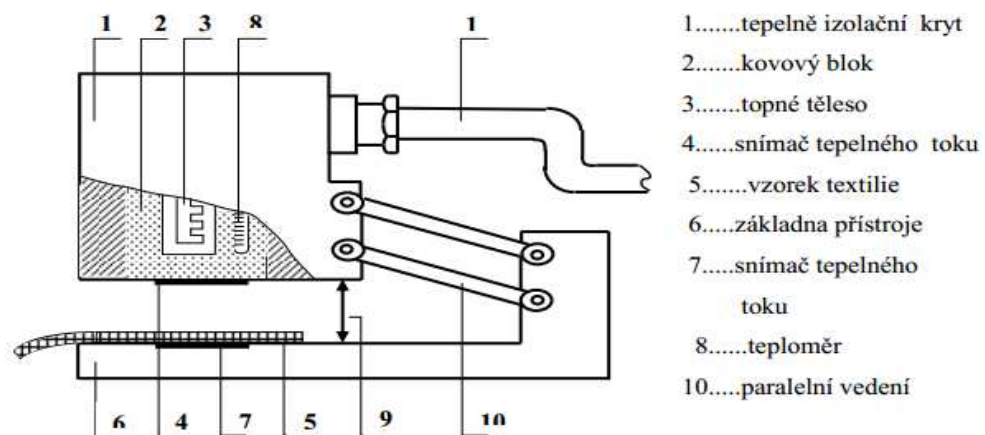
Plošný odpor vedení tepla r [$W^{-1} K \cdot m^2$] udává, jak velký odpor klade textilní materiál proti proniknutí množství tepla. Čím je tedy nižší hodnota tepla vodivosti, tím vyšší hodnotu má tepelný odpor. Hodnotu, kterou dává přístroj, je zapotřebí dělit 10^3 .

Tepelný tok q [W/m^2] udává množství tepla šířícího se z hlavy přístroje o určité teplotě do textile o počáteční teplotě za jednotku času.

Měrná tepelná vodivost a [$m^2 s^{-1}$] vyjadřuje schopnost látky srovnat teplotní změny. Čím je hodnota na přístroji větší, tím látka rychleji vyrovnává teplotu.

Součin ρc [$J \cdot kg^{-1} K^{-1}$] je množství tepla, které je zapotřebí k ohřevu 1 kg materiálu o 1 K. Měrná tepelná kapacita roste s rostoucí teplotou všech látek. Hodnota, kterou udává přístroj, se musí dělit 10^3 .

Parametr tepelné jímavosti b [$W \cdot m^{-2} s^{1/2} K^{-1}$] znázorňuje tepelný omak a představuje množství tepla, které proteče při rozdílu tepla 1 K jednotkou plochy za jednotku času v implikaci akumulace tepla v jednotkovém objemu. [6]



Obrázek 23: Schéma přístroje Alambeta [6]

9 Podkladový materiál

V experimentální části jako podkladový materiál pod měřicí sondu měřicího přístroje Termoskop byl použit materiál z hliníku, dřeva, polystyrénu, keramiky a umakartové desky. Hliník měl tvar kruhového plátu, dřevěná deska byla ze smrku, za polystyrén byla zvolena izolační deska (stavební materiál), za keramiku byla použita koupelnová dlaždice a umakart představoval stůl. Tyto podkladové materiály byly zvoleny, protože se mohou vyskytnout v laboratořích: tam se přístroj Termoskop bude nejvíce využívat.

Tabulka 6: Vlastnosti podkladových materiálů

Podkladový materiál	Rozměry [cm]	Tepelná vodivost [$m^2 s^{-1}$]	Hustota [kg/m^3]
Hliník	25×25×3,5	229	2700
Polystyrén	25×25×3	0,030–0,033	1090
Keramika	33×33×0,8	1,01	2000–3000
Dřevo	35×20×1,5	0,25–0,45	450
Umakartová deska	35×35×2,5	0,170	700

Každý podkladový materiál se lišil jak rozměry, tak složením, hustotou atd. Všechny tyto vlastnosti mohou ovlivnit měření tepelného odporu.

9.1 Dřevo

Dřevo je pevná spleť stonků vyšších rostlin, které se označují jako dřeviny. Vzniká tzv. aktivní činností kambia. Kambium jsou vrstvy živých buněk, které se nachází mezi dřevem a kůrou. V průběhu růstu se kambiární buňky rozdělují a vytváří na vnitřní straně kambia buňky dřeva a na vnější straně vytváří kůru. Ve směru dřeva rostou buňky mnohem rychleji, a proto dřevo přirůstá kvapněji než kůra.

Dřevo je řazeno do obnovitelných zdrojů a patří do druhu biomasy. Je široce rozšířené, a právě díky své dostupnosti je využíváno po celou dobu historie.

Vlastnosti

Mezi vlastnosti dřeva patří barva, kresba, lesk, vůně, vlhkost, hustota, tepelné, zvukové a elektrické vlastnosti dřeva, tvrdost, štěpnost, izolační schopnosti, hořlavost, nízké riziko deformace a nízká tuhost. [28]



Obrázek 24: Podkladový materiál – dřevěná deska v příčném pohledu



Obrázek 25: Podkladový materiál – dřevěná deska v podélném pohledu

9.2 Polystyrén

Polystyrén se vyrábí napěněním polystyrénových perel o velikosti 0,63–3,15 mm (dle druhu použití). Tyto perly se vyrábí suspenzí polymerací monomeru styrenu. Styren i pentan jsou běžné látky, které se běžně vyskytují v přírodě. Styren se nachází v potravinách a pentan se objevuje v zažívacích systémech zvířat nebo při rozkladu rostlinného materiálu. Obě látky se využívají pro výrobu ropy.

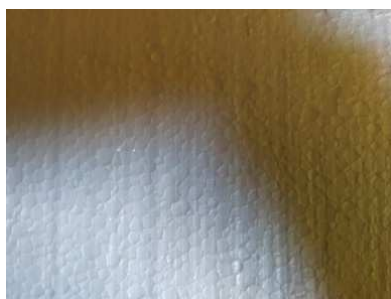
Značí se zkratkou EPS a přiřazuje se k němu číslo, které značí napětí v *kPa* při stlačování 10 %. Pro běžné účely se používá EPS 70 až EPS 150. V této diplomové práci byl použit EPS 70, který se uplatňuje v zateplovacích systémech. [25]

Vlastnosti

Nejdůležitější vlastností polystyrénu je nízká tepelná vodivost, pro kterou se využívá ve stavebním průmyslu. Další vlastností je tvarová stabilita, napětí v tlaku, pevnost v tahu a ohybu a dynamická tuhost. [26]



Obrázek 26: Podkladový materiál – polystyrenová deska v podélném pohledu



Obrázek 27: Podkladový materiál – polystyrenová deska v podélném pohledu

9.3 Hliník

V přírodě se setkáváme pouze s hliníkem ve sloučenině. Hliník je třetím zastoupeným prvkem, který se vyskytuje v zemské kůře nejvíce. Základní surovinou pro výrobu hliníku je prvek bauxit. Jeho jádrem jsou hydratované oxidy hliníku a znečištěné oxidy železa a křemíku.

Výroba hliníku se skládá ze tří fází:

- 1) příprava čistého oxidu uhličitého,
- 2) výroba surového hliníku elektrolýzou,
- 3) elektrolytická rafinace hliníku.

Těmito procesy vznikne hliník, tak jak ho známe. [27]

Vlastnosti

Díky plošně centrované kubické mřížce má hliník dobrou plastickou vlastnost, a to jak za tepla, tak za studena. Zajišťuje dobrou odolnost proti vlivu prostředí. Z hlediska selektivních vlastností má vysokou tepelnou kapacitu a vysoké skupenské teplo tání. Z tohoto důvodu je potřeba vysoká energie na roztavení hliníku a jeho slitin. [27, 29]

9.4 Umakartová deska

Umakartová deska se zhotovuje z více pásů jakostního papíru (materiálu) a přírodních vláken. Tyto materiály jsou nasycené vytvrditelnou syntetickou pryskyřicí a laminují se při velké teplotě a tlaku. Svrchní část desky je pokryta ochranným a dekoračním papírem, který je nasycený aminoplastickou pryskyřicí. Jádrem desky je vyrobeno ze silného natronového papíru s nasycenou feronovou pryskyřicí.

Vlastnosti

Tento materiál je vysoce odolný proti chemikáliím. Má vysokou rázovou a nárazovou odolnost, oteřuvzdornost, barevnou stálost, odolává teplu, vodě a páře. Materiál je hygienický a má dlouhou životnost. [31]

9.5 Keramika

Keramika je chemickou směsí, jejíž prvky jsou nejhojněji zastoupeny v zemské kůře: oxid se v čisté formě vyskytuje jako chemický prvek křemíku, především v podobě sloučenin silikátů (křemičitanů). Ve struktuře povrchové vrstvy se vyskytuje až 60% podíl. Keramika je přírodní surovinou a ta se těží ze zemského povrchu. Tento materiál může být plastický, jako je jíla, kaolin, bentonit, ale může být i zrnitý.

Při výrobě keramiky se nejdříve natěží surovina, následně se do suroviny přidávají další suroviny, případně materiály, které napomáhají v průběhu vypalování ke zlepšení tepelně izolačních vlastností. Tím vznikne stejnorodá hmota. Následně se hmota upravuje podle výrobku, kterého chceme docílit. V experimentu byla použita keramická dlaždička. Dlaždička se vyrábí lisováním homogenní hmoty, velké procento dlaždic se glazuruje a následně pálí.

Vlastnosti

Mezi vlastnosti patří zejména vysoká pevnost, ale i křehkost a nízká pružnost. Dále tvrdost, tepelná odolnost, odolnost vůči vodě (nerozpustitelná ve vodě), nízká elektrická vodivost, odolnost vůči chemikáliím a ionizačnímu záření. [30]



Obrázek 28: Podkladový materiál – keramická deska v příčném pohledu



Obrázek 29: Podkladový materiál – keramická deska v podélném pohledu

10 Výsledky zkoumání a diskuze

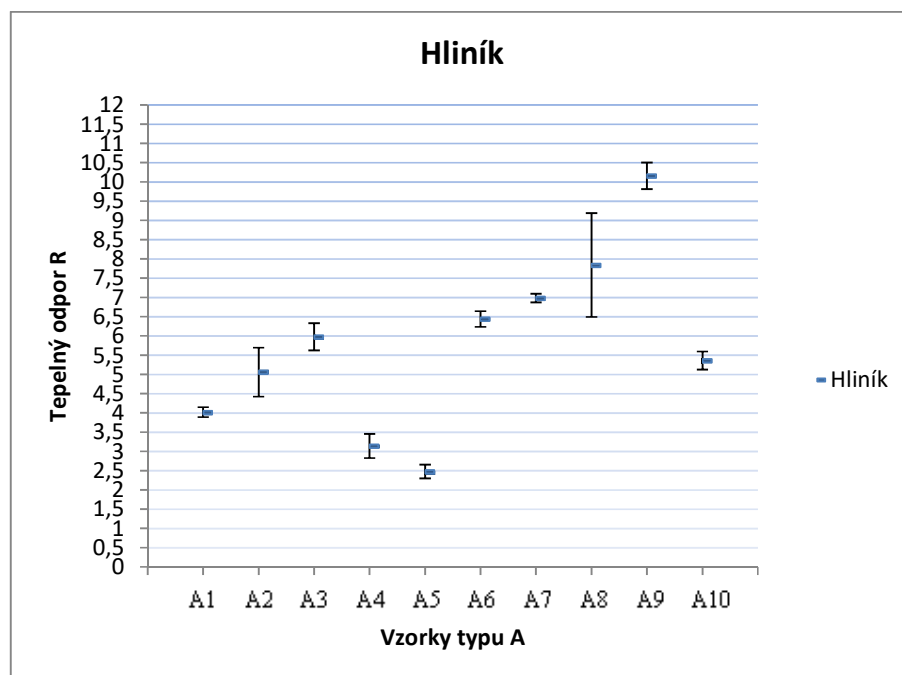
Měření se provádělo v klimatizované laboratoři při stálé teplotě 24 °C a vlhkosti 53 %. Na každém vzorku bylo realizováno 5 měření. Následně se z naměřených dat vyhodnocovala popisná statistika, analýza rozptylu a Sheffého metoda.

10.1 Statistické vyhodnocení výsledků vzorků typu A

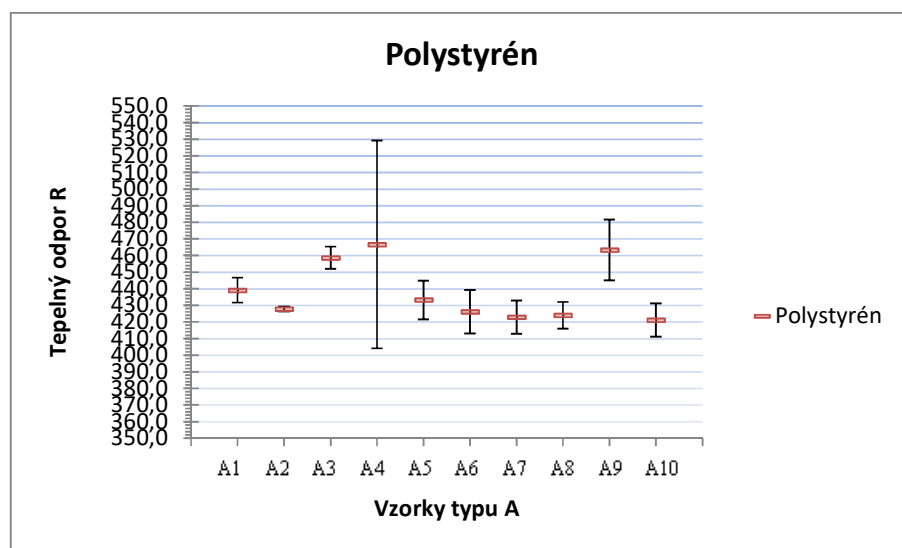
U těchto dat se vyhodnocovala popisná statistika a analýza rozptylu. Výsledky těchto analýz jsou zaneseny v tabulkách č. 7 a 8.

Tabulka 7: Popisná statistika

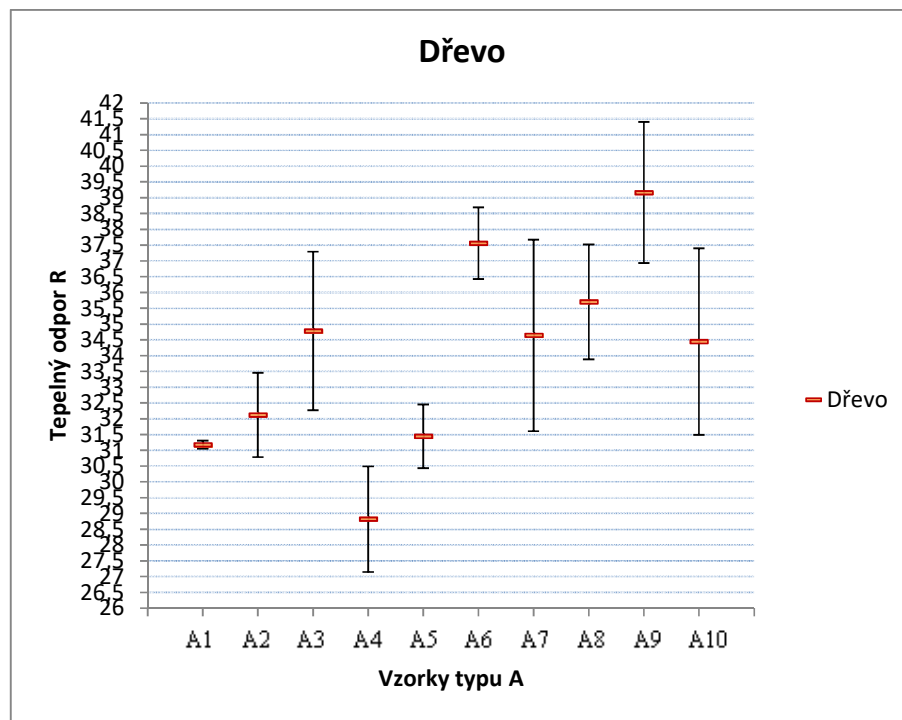
Vzorek	Popisná statistika	Hliník	Polystyrén	Keramika	Dřevo	Umakartová deska
A1	\bar{X}	5,98	458,66	12,32	34,78	31,44
	S	0,402	7,698	1,084	2,867	1,494
	IS	(5,5 ; 6,3)	(449,1 ; 465,4)	(11,0 ; 13,3)	(31,2 ; 37,3)	(29,6 ; 32,7)
A2	\bar{X}	5,06	427,9	10,5	32,12	31,42
	S	0,723	1,670	0,4	1,523	1,404
	IS	(4,2 ; 5,7)	(425,8 ; 429,4)	(10,0 ; 10,9)	(30,2 ; 33,5)	(29,7 ; 32,7)
A3	\bar{X}	4,02	439,16	10,34	31,18	33,48
	S	0,148	8,646	0,250	1,028	2,653
	IS	(3,8 ; 4,1)	(428,4 ; 446,7)	(10,0 ; 10,6)	(29,9 ; 32,1)	(30,2 ; 35,8)
A4	\bar{X}	3,14	466,68	9,22	28,82	31,3
	S	0,358	71,312	0,259	1,907	1,378
	IS	(2,7 ; 3,5)	(378,1 ; 529,2)	(8,9 ; 9,4)	(26,5 ; 30,5)	(29,6 ; 32,5)
A5	\bar{X}	2,48	433,2	8,5	31,44	31,58
	S	0,205	13,234	0,187	1,152	2,405
	IS	(2,2 ; 2,7)	(416,8 ; 444,8)	(8,3 ; 8,7)	(30,0 ; 32,4)	(28,6 ; 33,7)
A6	\bar{X}	6,44	426,18	11,94	37,56	29,28
	S	0,230	14,965	0,364	1,293	2,083
	IS	(6,2 ; 6,6)	(407,6 ; 439,3)	(11,5 ; 12,3)	(36,0 ; 38,7)	(26,7 ; 31,1)
A7	\bar{X}	6,98	422,92	12,46	34,64	30,12
	S	0,130	11,447	0,416	3,461	0,804
	IS	(6,8 ; 7,1)	(408,7 ; 433,0)	(11,9 ; 12,8)	(30,3 ; 37,7)	(29,1 ; 30,8)
A8	\bar{X}	7,84	423,98	13,56	35,7	30,62
	S	1,54	9,267	0,841	2,077	1,420
	IS	(5,9 ; 9,2)	(412,5 ; 432,1)	(12,5 ; 14,3)	(33,1 ; 37,5)	(28,9 ; 31,9)
A9	\bar{X}	10,16	463,3	17,4	39,16	31,02
	S	0,391	20,831	0,447	2,548	0,798
	IS	(9,8 ; 10,5)	(437,4 ; 481,6)	(16,8 ; 17,8)	(36,0 ; 41,4)	(30,0 ; 31,7)
A10	\bar{X}	5,36	421,16	11,24	34,44	28,5
	S	0,270	11,427	0,241	3,369	0,534
	IS	(5,0 ; 5,6)	(407,0 ; 431,2)	(10,9 ; 11,5)	(30,3 ; 37,4)	(27,8 ; 29,0)



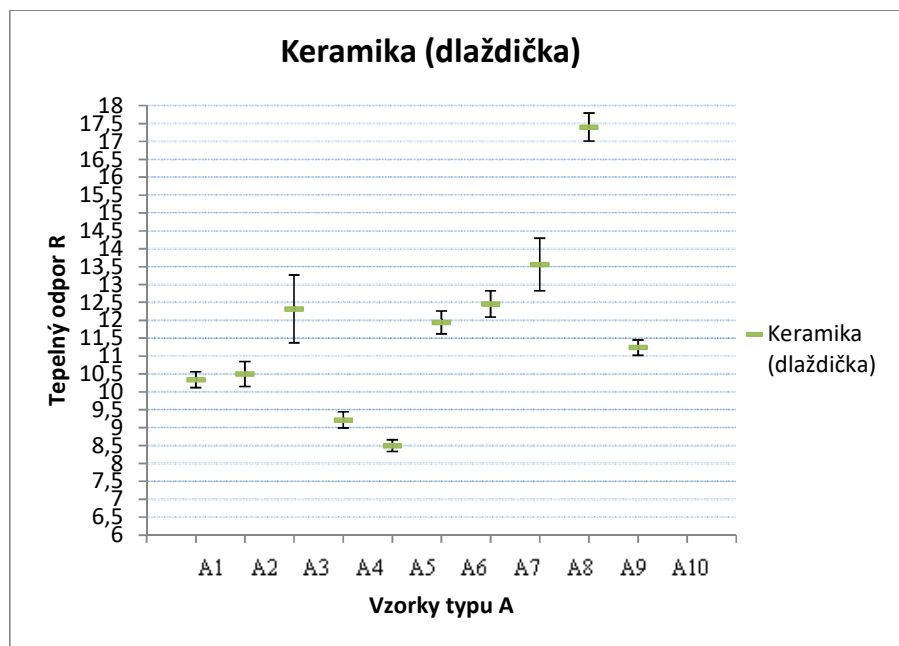
Obrázek 30: Graf průměru a intervalu spolehlivosti pro data naměřená na hliníku



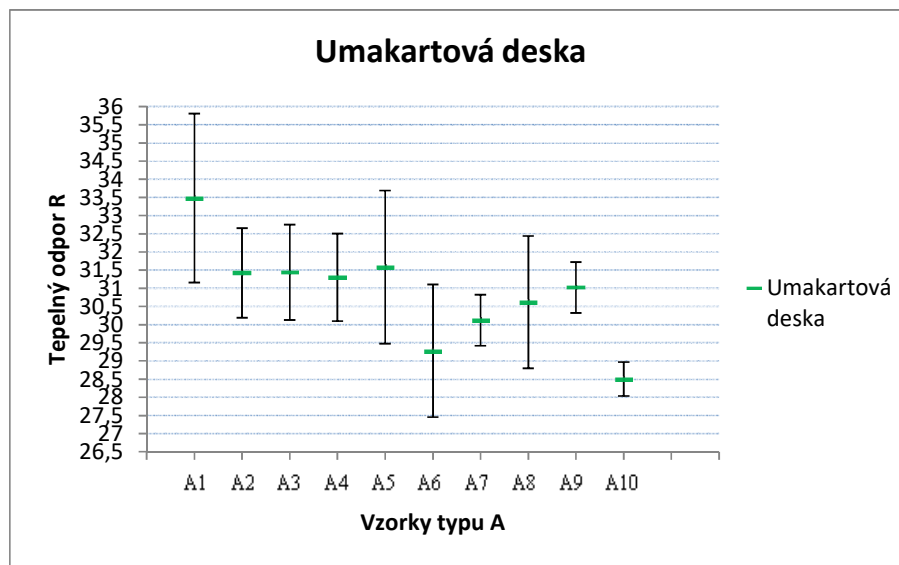
Obrázek 31: Graf průměru a intervalu spolehlivosti pro data naměřená na polystyrénu



Obrázek 32: Graf průměru a intervalu spolehlivosti pro data naměřená na dřevě



Obrázek 33: Graf průměru a intervalu spolehlivosti pro data naměřená na keramice



Obrázek 34: Graf průměru a intervalu spolehlivosti pro data naměřená na umakartové desce

10.1.1 Anova pro data naměřená na přístroji Termoskop (vzorky typu A)

Pro výpočet analýzy rozptylu byly stanoveny hypotézy:

- nulová hypotéza H_0 – typ podkladového materiálu nemá vliv na tepelný odpor měřeného vzorku,
- alternativní hypotéza H_1 – byla zvolena negace (zápor) hypotézy H_0 ; typ podkladového materiálu ovlivňuje výsledný tepelný odpor měřeného vzorku.

Tabulka 8: Výsledky analýzy rozptylu.

Vzorek	Hodnota P	α	
A1	5,8E ⁻³³	<	0,05 Má vliv na měření tepelného odporu.
A2	5,1E ⁻⁴³	<	0,05 Má vliv na měření tepelného odporu.
A3	5,2E ⁻³⁴	<	0,05 Má vliv na měření tepelného odporu.
A4	8,7E ⁻¹⁶	<	0,05 Má vliv na měření tepelného odporu.
A5	1,85E ⁻²⁹	<	0,05 Má vliv na měření tepelného odporu.
A6	3,1E ⁻²⁸	<	0,05 Má vliv na měření tepelného odporu.
A7	3,3E ⁻³⁰	<	0,05 Má vliv na měření tepelného odporu.
A8	5,3E ⁻³²	<	0,05 Má vliv na měření tepelného odporu.
A9	4,1E ⁻³²	<	0,05 Má vliv na měření tepelného odporu.
A10	3,0E ⁻³²	<	0,05 Má vliv na měření tepelného odporu.

Z výsledné tabulky analýzy rozptylu můžeme vidět, že *P-hodnota* je nižší než použitá hladina významnosti $\alpha=0,05$ pro všechny typy vzorků, tudíž se zamítá nulová hypotéza ve prospěch alternativní. Můžeme tedy říci, že podkladový materiál má vliv na stanovení tepelného odporu.

10.1.2 Anova a popisná statistika pro data naměřená na přístroji Alambeta (vzorky typu A)

Z tepelného odporu, který byl naměřen na přístroji Alambeta, se dále vypočítala analýza rozptylu, a tak se vypočítal průměr, směrodatná odchylka a 95% interval spolehlivosti. Výsledky pro jednotlivé výpočty lze vidět v tabulkách č. 9 a 10.

Tabulka 9: Výpočty tepelného odporu

Výběr	Průměr	Směr. odchylka	Interval spolehlivosti
A1	22,08	2,64	(18,80 ; 25,36)
A2	16,72	2,28	(13,89 ; 19,55)
A3	14,64	0,65	(13,84; 15,44)
A4	15,4	1,81	(13,15 ; 17,65)
A5	16,36	2,25	(13,57 ; 19,15)
A6	18,54	0,52	(17,89 ; 19,19)
A7	18,22	0,72	(17,32 ; 19,12)
A8	19,68	0,52	(19,03 ; 20,33)
A9	23,42	1,67	(21,34 ; 25,50)
A10	18,56	1,10	(17,19 ; 19,93)

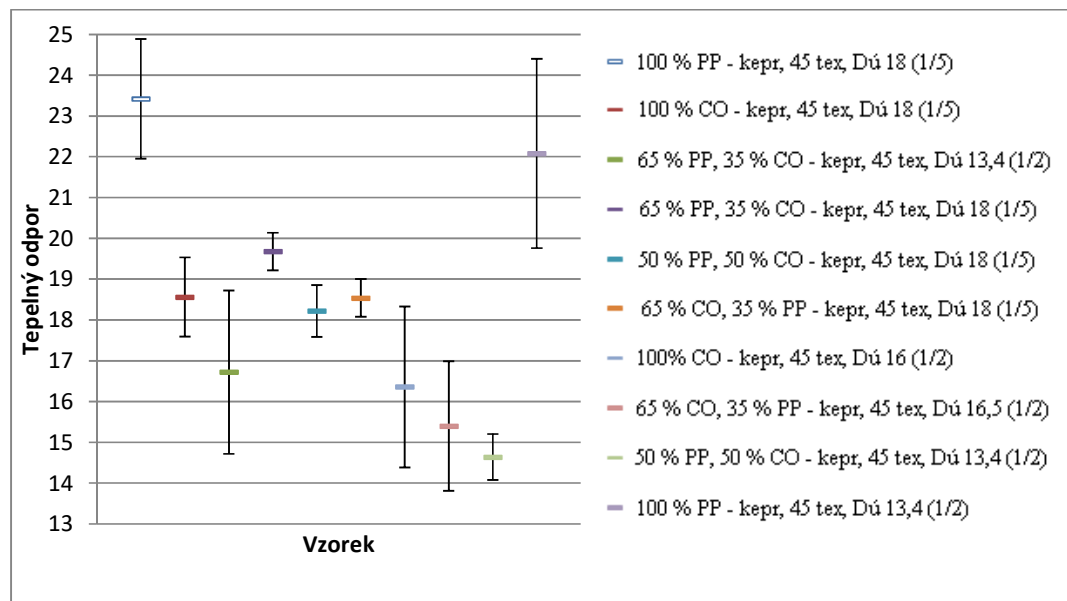
Stanovení hypotéz:

- nulová hypotéza H_0 – typ textilního materiálu neovlivňuje výsledný tepelný odpor měřeného vzorku,
- alternativní hypotéza H_1 – typ textilního materiálu má vliv na tepelný odpor měřeného vzorku.

Tabulka 10: Analýza rozptylu

ZV	SS	Rozdíl	MS	F	P-hodnota	F krit
Mezivýběr	352,8	9	39,2	15,2	2,8E ⁻¹⁰	2,1
Všechny výběry	104,2	40	2,6	–	–	–
Celkem	457,1	49	–	–	–	–

Z analýzy rozptylu vyšlo, že P -hodnota je menší než α ($2,4E^{-10} < 0,05$), tudíž se zamítá nulová hypotéza ve prospěch alternativní.



Obrázek 35: Graf průměru a intervalu spolehlivosti pro data naměřená na Alambetě

10.2 Statistické vyhodnocení výsledků vzorků typu B

Jak u předchozích vzorků typu A, tak i vzorků typu B se vyhodnocovala popisná analýza rozptylu. Výsledky můžeme vidět v níže uvedených tabulkách č. 11 a 12.

Tabulka 11: Popisná statistika

Vzorek	Popisná statistika	Hliník	Polystyrén	Keramika	Dřevo	Umakartová deska
B1	\bar{X}	298,04	393,08	324,14	285,06	314,08
	S	7,76	17,94	13,03	6,66	2,72
	IS	(288,41 ; 307,67)	(370,79 ; 415,38)	(307,95 ; 340,25)	(276,79 ; 293,72)	(310,70 ; 317,46)
B2	\bar{X}	128,28	498,04	145,92	168,14	159,64
	S	1,63	14,67	3,99	3,96	2,71
	IS	(126,26 ; 130,30)	(479,82 ; 516,26)	(140,955 ; 150,88)	(163,22 ; 173,06)	(156,28 ; 162,99)
B3	\bar{X}	141,66	531,68	159,96	177	170,46
	S	3,49	13,96	3,54	3,04	3,53
	IS	(137,328 ; 145,99)	(514,34 ; 549,02)	(155,56 ; 164,36)	(173,21 ; 180,77)	(166,07 ; 174,85)
B4	\bar{X}	134,28	492,92	150,78	166,48	156,16
	S	3,39	27,45	3,15	4,39	0,90
	IS	(130,06 ; 138,49)	(458,83 ; 527,01)	(146,86 ; 154,69)	(161,03 ; 171,93)	(155,03 ; 157,286)

Vzorek	Popisná statistika	Hliník	Polystyrén	Keramika	Dřevo	Umakartová deska
B5	\bar{X}	60,72	464,16	71,44	93,74	84,24
	S	2,54	25,79	2,47	3,34	1,40
	IS	(57,56 ; 63,87)	(432,13 ; 496,19)	(68,37 ; 74,51)	(89,59 ; 97,89)	(82,49 ; 85,98)

10.2.1 Anova pro data naměřená na přístroji Termoskop (vzorky typu B)

Pro data naměřená na přístroji Termoskop u vzorků typu B se také vyhodnocovala analýza rozptylu. Tyto výsledky můžeme vidět níže v tabulce č. 12. Formulovaná hypotéza v tomto případě zní stejně jako v kapitole 10.1.1.

Tabulka 12: Analýza rozptylu pro vzorky typu B

Vzorek	Hodnota P	α	
B1	1,21E ⁻¹¹	<	0,05
B2	1,86E ⁻²⁶	<	0,05
B3	3,04E ⁻²⁷	<	0,05
B4	2,16E ⁻²¹	<	0,05
B5	4,42E ⁻²³	<	0,05

Z výsledné tabulky analýzy rozptylu vidíme, že *P-hodnota* je nižší než α pro všechny vzorky typu B, tudíž se zamítá nulová hypotéza ve prospěch alternativní. Můžeme tedy tvrdit, že podkladový materiál pod měřicí sondou má vliv na stanovení tepelného odporu.

10.2.2 Anova pro data naměřená na přístroji Alambeta (vzorky typu B)

Z naměřených dat tepelného odporu na přístroji Alambeta se vypočítala analýza rozptylu, průměr, směrodatná odchylka a interval spolehlivosti. Formulována hypotéza v této oddíle zní stejně jako v 10.1.2.

Výsledky popisné statistiky a analýzy rozptylu jsou zobrazeny v tabulce č. 13.

Tabulka 13: Výpočty tepelného odporu

Výběr	Průměr	Směr. odchylka	Interval spolehlivosti
B1	338,6	5,94	(331,22 ; 345,98)
B2	149,8	2,94	(153,46 ; 146,14)
B3	162,4	0,89	(161,29 ; 163,51)
B4	151,6	1,52	(149,71 ; 153,48)
B5	75,78	1,14	(74,36 ; 77,19)

Tabulka 14: Analýza rozptylu

ZV	SS	Rozdíl	MS	F	P-hodnota	F krit
Mezivýběr	189744,5	4	47436,1	4901,2	1,3E ⁻²⁹	2,8
Všechny výběry	193,5	20	9,6	–	–	–
Celkem	189938,1	24	–	–	–	–

Z výsledné tabulky analýzy rozptylu můžeme vidět, že *P-hodnota* je nižší než α , která je 0,05, tudíž se zamítá nulová hypotéza ve prospěch alternativní. Můžeme tedy tvrdit, že podkladový materiál pod měřicí sondou má vliv na stanovení tepelného odporu.

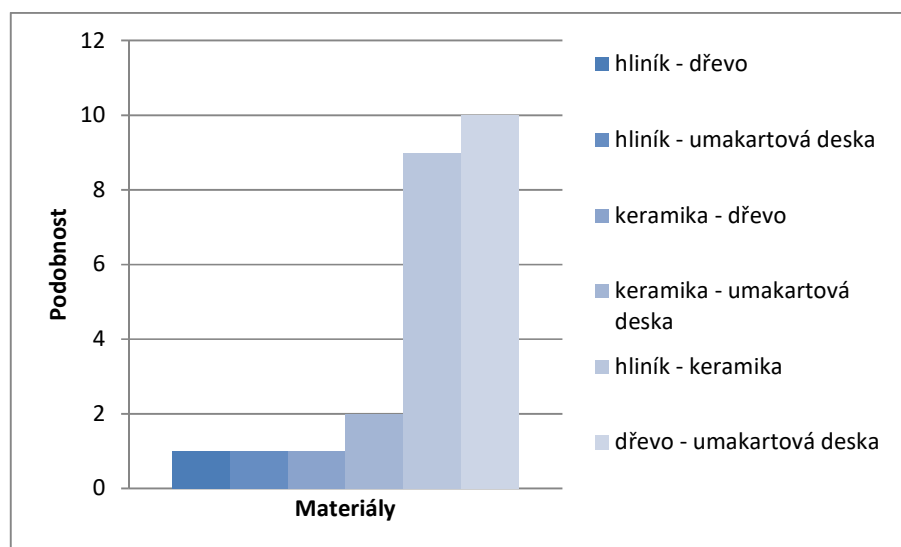
10.3 Porovnání shody podkladových materiálů

Z výsledků naměřených dat tepelného odporu na jednotlivých podkladových materiálech, které byly umístěny pod měřicí sondou přístroje Termoskop, se zjišťovalo, zda si jsou podobné. Toto porovnání shody bylo aplikováno na skupině vzorku typu A.

Pro vyhodnocení se použila Scheffého metoda mnohonásobného porovnání. Výsledky porovnávaných podkladových materiálů jsou uvedeny v tabulce č. 15 a v obrázku č. 30. Z tabulky a grafu můžeme vidět, že nejvíce si byly podobné materiály hliník a keramika a dále i dřevo a umakartová deska.

Tabulka 15: Počet shodných hodnocení pro různé typy tkanin

Porovnání dvojic	Podobnost
Hliník – polystyrén	0
Hliník – keramika	9
Hliník – dřevo	1
Hliník – umakartová deska	1
Polystyrén – keramika	0
Polystyrén – dřevo	0
Polystyrén – umakartová deska	0
Keramika – dřevo	1
Keramika – umakartová deska	2
Dřevo – umakartová deska	10



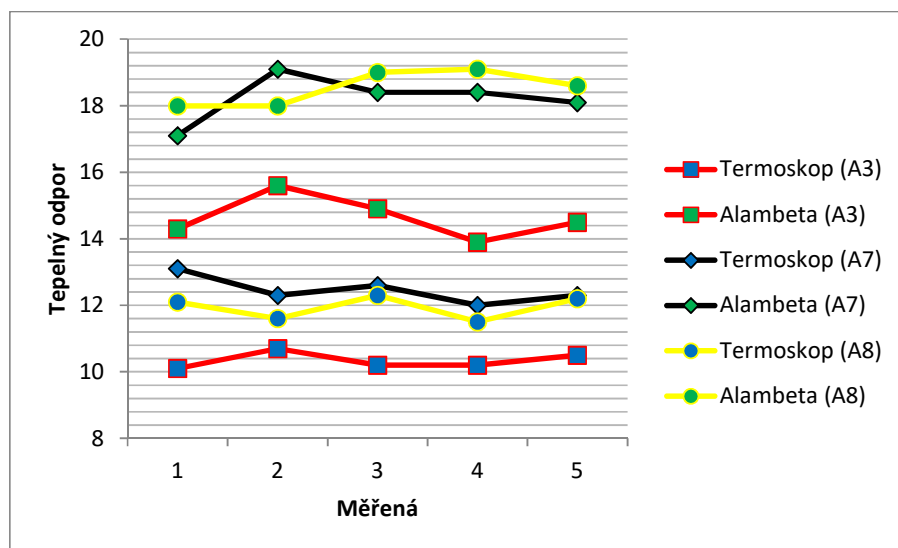
Obrázek 36: Počet shodných hodnocení pro různé typy tkanin

10.4 Komparace naměřených dat mezi podkladovým materiálem keramika na přístrojích Termoskop a Alambeta (vzorky typu A)

Z naměřených dat tepelného odporu na přístroji Termoskop se u vzorků typu A vybrala data, která nejbližší odpovídala naměřeným datům na přístroji Alambeta. Ve všech případech se ukázalo, že výsledky na Termoskopu jsou nejbližší s výsledky z Alambety v případě, že za podkladový materiál byla zvolena keramika. Tato data, která se sobě přibližují, se nacházejí v tabulce č. 16.

Tabulka 16: Příklad nejbližších hodnot naměřeného tepelného odporu

Vzorek	Termoskop	Alambeta
A3	10,1	14,3
	10,7	15,6
	10,2	14,9
	10,2	13,9
	10,5	14,5
A7	13,1	17,1
	12,3	19,1
	12,6	18,4
	12	18,4
	12,3	18,1
A8	12,1	18
	11,6	18
	12,3	19
	11,5	19,1
	12,2	18,6



Obrázek 37: Grafické znázornění nejbližše odpovídajícím naměřeným datům

Z grafického znázornění lze vidět, že se v horní části nachází naměřená data z přístroje Alambeta a ve spodní části se nachází naměřená data na přístroji Termoskop, tudíž můžeme předběžně usuzovat, že data jsou různá.

Shodnost mezi těmito dvěma měřeními byla testována s využitím analýzy rozptylu. Postup pro výpočet analýzy rozptylu je uveden v kapitole 7.2. Pro výpočet analýzy rozptylu byla zvolena hladina významnosti $\alpha=0,05$.

- Za nulovou hypotézu H_0 bylo zvoleno, že výsledky z přístroje jsou stejné.
- Za alternativní hypotézu H_1 bylo zvoleno, že výsledky z přístrojů jsou různé.

Tabulka 17: Výsledky analýzy rozptylu

Vzorek	P-hodnota		α	
A3	7,09E-07	<	0,05	Výsledky z přístrojů jsou různé.
A7	3,15E-07	<	0,05	Výsledky z přístrojů jsou různé.
A8	7,39E-07	<	0,05	Výsledky z přístrojů jsou různé.

Z výsledné tabulky analýzy rozptylu můžeme vidět, že *P-hodnota* je nižší než α pro tři zmíněné vzorky, tudíž můžeme zamítnout nulovou hypotézu ve prospěch alternativní. Výsledky naměřeného tepelného odporu na keramické desce na přístroji Termoskop jsou rozdílné v porovnání s tepelným odporem na přístroji Alambeta.

10.5 Komparace naměřených dat mezi podkladovým materiálem keramika na přístrojích Termoskop a Alambeta (vzorky typu B)

Z hlediska porovnání naměřených dat tepelného odporu na přístroji Termoskop se u vzorků typu B vybrala data, která nejlépe odpovídala naměřeným hodnotám na přístroji Alambeta.

Nejlépe naměřenému tepelnému odporu na přístroji Alambeta byla data, která byla naměřena na podkladovém materiálu keramika pod měřicí sondou na přístroji Termoskop. Porovnání dat tepelného odporu se nachází v tabulce č. 18.

Tabulka 18: Příklad nejbližších hodnot naměřeného tepelného odporu

Vzorek	Termoskop					Alambeta
	Hliník	Umakartová deska	Keramika	Dřevo	Polystyrén	
B1	306,4	315,5	338,3	282,5	425,6	343
	290,2	316,4	323,7	296,3	420,1	337
	306,2	310,3	331,9	280,9	423,9	331
	295,3	316,1	322,5	279,9	423,2	346
	292,1	312,1	332,3	285,7	422,9	336
B2	126	158,1	141,9	162,7	498,04	148
	129,2	157,1	141,3	172,5	492,01	142
	128,8	163	147,8	168,9	496,04	145
	127,3	162,1	149,1	170,9	498,04	152
	130,1	157,9	149,5	165,7	497,07	149

Shodnost mezi těmito dvěma podobnými daty byla oddíle s číslem 7.2. Pro výpočet analýzy rozptylu byla zvolena hladina významnosti $\alpha=0,05$.

Tabulka 19: Výsledky analýzy rozptylu

Vzorek	P-hodnota	α	
B1	0,054	>	0,05
B2	0,118	>	0,05

Z výsledné tabulky analýzy rozptylu můžeme vidět, že *P-hodnota* je u vzorku B1 vyšší než α , tudíž nulovou hypotézu nemůžeme zamítnout ve prospěch alternativní. Můžeme tedy říci, že výsledky tepelného odporu na keramické desce na přístroji

Termoskop lze považovat za shodné s výsledky tepelného odporu naměřenými na přístroji Alambeta.

10.6 Zkoumání vlivu tloušťky vzorku na tepelný odpor měřený na přístroji Termoskop u vzorků typu B

U měření na přístroji Termoskop u vzorků typu B se také zkoumal vliv tloušťky na měření tepelného odporu. Vzorky typu B se použily z důvodu rozdílné tloušťky, která se pohybovala v rozmezí 3–19 mm. Ve validaci byly zvoleny pouze čtyři podkladové materiály, a to hliník, umakartová deska, keramická deska a dřevo. Polystyrén byl vyřazen kvůli horší tepelné vodivosti, která by měla větší vliv na měření tepelného odporu.

Tabulka č. 20 znázorňuje výsledky měření tepelného odporu pro jednotlivé vzorky na různých podkladových materiálech.

Tabulka 20: Výsledky tepelného odporu

Vzorek	Hliník	Umakartová deska	Keramika	Dřevo
B1	306,4	315,5	338,3	282,5
	290,2	316,4	323,7	296,3
	306,2	310,3	303,9	280,9
	295,3	316,1	322,5	279,9
	292,1	312,1	332,3	285,7
B2	126	158,1	141,9	162,7
	129,2	157,1	141,3	172,5
	128,8	163	147,8	168,9
	127,3	162,1	149,1	170,9
	130,1	157,9	149,5	165,7
B3	143,6	167,2	157,7	180
	146,2	167,5	155,5	179,8
	137,9	175,8	162,3	177,5
	138,5	170	159,9	173,5
	142,1	171,8	164,4	174,2
B4	135	155,9	150,9	170,4
	128,7	157,6	151,6	159,5
	137,6	156	152,6	169,5
	136,1	155,1	145,4	165,1
	134	156,2	153,4	167,9

Vzorek	Hliník	Umakartová deska	Keramika	Dřevo
B5	64,5	83,8	68,2	88,7
	59,5	86,1	69,9	97,2
	59,2	83,1	74,6	94,7
	58,3	82,9	72,6	92,3
	62,1	85,3	71,9	95,8

Z výsledků měření tepelného odporu byla vyhodnocena popisná statistika. Výsledky jsou uvedeny v tabulce č. 7. Aby se dalo porovnat, zda tloušťka vlákenných materiálů má vliv na stanovení tepelného odporu, či ne, použila se metoda porovnání intervalů spolehlivosti.

Zmíněná metoda je založena na porovnání jednotlivých intervalů mezi sebou, a to pro každý testovaný textilní materiál. Pokud se intervaly překrývají, výsledná data mezi sebou si jsou podobná. Tvrdíme tím, že tloušťka má vliv na stanovení tepelného odporu. Pokud se intervaly nepřekrývají, říká nám to, že tloušťka nemá na stanovení tepelného odporu vliv.

Výsledky se nacházejí v tabulce č. 21. Z tabulky vyvozujeme, že jediná data se překrývají u vzorku B1 pro podkladový materiál hliník a dřevo: Tloušťka tohoto vzorku se pohybovala kolem 19,5 mm.

Tabulka 21: Výsledky intervalu spolehlivosti

Vzorek	Popisná statistika	Hliník	Keramika	Dřevo	Umakartová deska
B1	<i>IS</i>	(288,41 ; 307,67)	(307,95 ; 340,25)	(276,79 ; 293,72)	(310,70 ; 317,46)
B2	<i>IS</i>	(126,26 ; 130,30)	(140,955 ; 150,88)	(163,22 ; 173,06)	(156,28 ; 162,99)
B3	<i>IS</i>	(137,328 ; 145,99)	(155,56 ; 164,36)	(173,21 ; 180,77)	(166,07 ; 174,85)
B4	<i>IS</i>	(130,06 ; 138,49)	(146,86 ; 154,69)	(161,03 ; 171,93)	(155,03 ; 157,286)
B5	<i>IS</i>	(57,56 ; 63,87)	(68,37 ; 74,51)	(89,59 ; 97,89)	(82,49 ; 85,98)

Na základě analýzy bylo zjištěno, že u materiálu B1 byla nalezena shoda mezi dvěma podkladovými materiály, a to u variant hliník–dřevo a keramika–umakartová deska, což je materiál, jehož tloušťka dosahuje téměř 2 cm. U méně silných materiálů (pod 1 cm) byla nalezena shoda pouze pro jeden případ, a to pro materiál B3 u dvojice dřevo–umakartová deska. Toto může indikovat, že přístroj Termoskop lze použít pro silnější izolační materiály (asi od 2 cm).

Závěr

Celá práce je rozdělena do dvou částí, a to na teoretickou a experimentální. Teoretická část byla postupně rozdělena na pět kapitol. Do těchto oddílů byl zahrnut například oděvní komfort, co je to teplo, termoregulace lidského organismu, tepelný odpor a přístroje měřící tepelné vlastnosti. Největší důraz byl kladen na termoregulaci lidského organismu a přenos tepla mezi jednotlivými vrstvami materiálu a také na tepelný odpor.

Experimentální část se věnuje testování. V jednotlivých kapitolách byly popsány testované a v experimentu použité vzorky. Dále se experiment zabývá podkladovým materiálem, který se umisťoval pod měřicí sondu, vyhodnocením naměřeného tepelného odporu a porovnáním dat naměřených na Termoskopu s daty na Alambetě.

Cílem práce bylo ověřit vliv podkladového materiálu (podložky) na měření tepelného odporu na přístroji Termoskop.

Pro ověření bylo vybráno deset vzorků, které měly přibližně stejnou tloušťku (vzorky A) a lišily se konstrukcí, a pět vzorků, které se lišily i tloušťkou (vzorky B). Každý testovaný materiál byl pokládán na podkladový materiál (dřevo, polystyrén, hliník, umakartová deska, keramická deska) pod měřicí sondu na přístroji Termoskop. Jedno měření trvalo přibližně 10 min a na každém vzorku bylo provedeno 5 měření. Pro obě sady byla vyhodnocena popisná statistika, analýza rozptylu a Scheffého metoda mnohonásobného porovnávání. Analýza rozptylu a Scheffého metoda mnohonásobného porovnávání pro obě sady vzorků detekuje, že podkladový materiál má vliv na měření tepelného odporu. Analýza ukazuje, že nejbližší jsou podkladové materiály keramika a hliník, kde byla nalezena shoda v 9 případech z 10. V ostatních případech byla shoda nalezena výjimečně, popř. nebyla nalezena vůbec.

Následně byly porovnávány výsledky tepelného odporu z Termoskopu s výsledky z Alambety. U sady vzorků A nebyla nalezena vůbec žádná shoda pro všechny materiály. U sady vzorků B byla nalezena shoda ve výsledcích z přístrojů Alambeta a Termoskop pouze pro podkladový materiál keramika, a to u dvou materiálů z pěti.

Rovněž byl zkoumán vliv typu podložek pro materiály různé tloušťky. U tenčích materiálů (přibližně do 1 cm) se výsledky tepelného odporu lišily, u materiálu o tloušťce 1,95 cm (vzorek B1) byla nalezena shoda pro dvě dvojice podložek. Předpoklad, že přístroj Termoskop je vhodný pro měření tepelného odporu pro izolační materiály, lze tedy označit za správný.

Použitá literatura

- [1] KOUŘILOVÁ, Pavla. *Funkční materiály a jejich vliv na tepelný komfort sportovce*. Brno, 2010. Diplomová práce. Masarykova univerzita. Fakulta sportovních studií. Vedoucí práce Jan Ondrášek.
- [2] TEPELNÝ ODPOR R. *Divize Isover, Saint-Gobain: PeckaDesign* . [online]. [cit. 2016-05-17]. Dostupné z: <http://www.isover.cz/tepelny-odpor-r>
- [3] ISO 11092. *Stanovení termofyziologických vlastností textilií*. Liberec: Textilní materiály a konstrukce textilních výrobků, 2004.
- [4] NOVÁČEK, Radek. Testování. *Direct Alpine* . [online]. 17.5.2016 [cit. 2016-05-17]. Dostupné z: <http://www.directalpine.cz/testovani-outdoor-directalpine>
- [5] ČUKANOVÁ, Iveta. *Porovnání tepelně izolačních vlastností výplňkových materiálu pro zimní sportovní oděvy*. Liberec. 2010. Bakalářská práce. Technická univerzita v Liberci. Fakulta textilní. Vedoucí práce Jana Drašárová.
- [6] HES, Luboš a Petr SLUKA. *Úvod do komfortu textilií*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2005. ISBN 80-7083-926-0.
- [7] SVÁDOVÁ, Barbora. *Nová metoda měření tepelného odporu zejména vlákných izolačních vrstev*. Liberec, 2015. Bakalářská práce. Technická univerzita v Liberci. Fakulta textilní. Vedoucí práce Luboš Hes
- [8] Clothing comfort: A key parameter in clothing [online]. 2016 [cit. 2016-05-06]. Dostupné: <http://www.ptj.com.pk/Web-2012/01-2012/January-2012-PDF/Apparel-and-Knitwear-Tanveer-Malik.pdf>
- [9] DAS, A. a R. ALAGIRUSAMY. *Science in clothing comfort*. New Delhi: Woodhead Publishing India Pvt, 2010. ISBN 1845697898.
- [10] Interní norma 23-304-01/01 *Stanovení termofyziologických vlastností textilií*. TUL a VCT LN00B090, Liberec, 2004
- [11] USPOŘ. STANISLAV TROJAN. *Nárys fyziologie člověka: skripta pro posl. 1. lékařské fak. Univ. Karlovy. Praha: Karolinum, 1994. ISBN 8070669055.*

- [12] OSINA, Jozef, Hana KOLÁŘOVÁ a Jiří STANEK. *Biofyzika pro studenty zdravotnických oborů*. Praha: Grada, 2006. ISBN 80-247-1383-7.
- [13] PŘENOS TEPLA. Fyzikální Olympiáda [online]. 24.12.2016 [cit. 2016-12-24]. Dostupné z: <http://fyzikalniolympiada.cz/texty/texttz.pdf>
- [14] ŠÍŘENÍ TEPLA. Animfyzika. [online]. 24.12.2016 [cit. 2016-12-24]. Dostupné z: <http://www.animfyzika.wz.cz/sirenitepla.html>
- [15] SÁLÁNÍ TEPLA. České vysoké učení v Praze Fakulta Stavební. [online]. 10.12.2017 [cit. 2017-01-10]. Dostupné z: http://people.fsv.cvut.cz/www/wald/Pozarni_odolnost/e-text/specialiste/1/1-4_Salani_teplo.pdf
- [16] FYZIKÁLNÍ PODSTATA TEPLA. Světlo. [online]. 10.12.2016 [cit. 2016-12-10]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/svetlo/casopis/tema/fyzikalni-podstata-svetla-16967>
- [17] KŘEMENÁKOVÁ, Dana, Jiří MILITKÝ a Jaroslav ŠESTÁK. *Vláknenné struktury pro speciální aplikace*. Kanina: , 2013. ISBN 9788087269329.
- [18] TEPLO A JEHO MĚŘENÍ. Artemis. [online]. 11.1.2017 [cit. 2017-01-11]. Dostupné z: http://artemis.osu.cz:8080/artemis/uploaded/199_3_6%20Teplo-mereni.pdf
- [19] SAZIMA, Miroslav, Jiří SCHNELLER a Vladimír KMONÍČEK. *Teplo*. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1989. Česká matice technická. ISBN 80-03-00043-2.
- [20] TEPLO. LeParisien. [online]. 28.12.2016 [cit. 2016-28-12]. Dostupné z: <http://dictionnaire.sensagent.leparisien.fr/teplo/cs-cs/>
- [21] PROFMARTINIK [online]. 28.12.2016 [cit. 2016-28-12]. Dostupné z: <http://www.profmartinik.cz/wp-content/soubory/termoregulace.pdf>
- [22] Vlastní zdroj
- [23] MILITKÝ, J. *Textilní vlákna: Klasická a speciální*. První. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2002. ISBN 80-7083-644-X.

- [24] MYŠINSKÝ, O. *Zkušebnictví v textilním průmyslu: Příručka pro praxi i pomůcka k odbornému školení*. 1. Praha: ROH-PRÁCE-vydavatelství knih, 1952
- [25] TZB-info [online]. 15.10.2017 [cit. 2017-15-10]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/tepelne-izolace/297-polystyrenove-izolace>
- [26] TZB-info [online]. 15.10.2017 [cit. 2017-15-10]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/tepelne-izolace/8482-vlastnosti-expandovaneho-penoveho-polystyrenu-eps>
- [27] HLINÍK- AL [online]. 15.10.2017 [cit. 2017-15-10]. Dostupné z <http://mail.zsebenese.opava.cz/tabulka/al.html>
- [28] GANDELOVÁ, Libuše, Petr HORÁČEK a Jarmila ŠLEZINGEROVÁ. *Nauka o dřevě*. Vyd. 3., nezměn. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2009. ISBN 978-80-7375-312-2.
- [29] MICHNA, Š. a kol. *Encyklopedie hliníku*. 1. vyd. Děčín: Alcan Děčín Extrusions, 2005, 700 s. ISBN 80-890-4188-4.
- [30] ASOCIACE SKLÁŘSKÉHO A KERAMICKÉHO PRŮMYSLU [online]. 15.10.2017 [cit. 2017-15-10]. <http://www.askpcr.cz/o-keramice/jak-se-keramika-vyrabi/>
- [31] FOXINTERIER [online]. 15.10.2017 [cit. 2017-15-10]. <http://www.foxinterier.cz/umakarty>
- [32] Treaty Series: treaties and international agreements registered or filed and recorded with the Secretariat of the United Nations. New York: United Nations, 1977.
- [33] GUFFOO [online]. 15.10.2017 [cit. 2017-15-10]. <http://www.guffoo.cz/textil-tul/index.php?nid=2634&lid=cs&oid=308535>
- [34] STANĚK, Jaroslav. *Textilní zbožíznalství: vlákenné suroviny, příze a nitě*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2002. Učební text pro bakalářská studia FT. ISBN 80-7083-555-9.
- [35] ŠKOLA TEXTILU. *Keprová vazba* [on-line]. [cit. 2015-04-04] Dostupné z: <http://www.skolatextilu.cz/elearning/440/textilni->
- [36] THASYS Apparatus for thermal conductivity measurement [online]. 2016 [cit. 2016-05-06]. Dostupné: <http://www.hukseflux.com/product/thasys>

- [37] KD2 Pro Thermal Properties Analyzer [online]. 2016 [cit. 2016-03-20]. Dostupné z: http://manuals.decagon.com/Manuals/13351_KD2%20Pro_Web.pdf
- [38] SLIDERPLAYER [online]. 2017 [cit. 2017-15-10]. Dostupné z: <http://slideplayer.cz/slide/2893538/>
- [39] MDQ.VSB [online]. 2017 [cit. 2017-20-11]. Dostupné z: <http://mdg.vsb.cz/wiki/public/3.pdf>
- [40] BUDÍKOVÁ, Marie, Maria KRÁLOVÁ a Bohumil MAROŠ. *Průvodce základními statistickými metodami*. Praha: Grada, 2010. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-3243-5.
- [41] Zpracování PUR pěn - [online]. Dostupné z: <https://tvi-pur.cz/zpracovani-polyuretanovych-pur-pen-nastrikem-a-litim/>

Seznam obrázků

Obrázek 1: Termoregulační systém lidského těla [11]	19
Obrázek 2: Stupnice pocitu tepla [17]	20
Obrázek 3: Teplota kůže nahého člověka v závislosti na teplotě okolí [17]	21
Obrázek 4: Tepelná soustava: organismus-oděv-prostředí [6]	22
Obrázek 5: Přenos tepla kondukcí mezi kůží a textilem [6]	24
Obrázek 6: Přenos tepla prouděním [6]	27
Obrázek 7: Přenos tepla prouděním [16]	28
Obrázek 8: Přístroj KD2 Pro [37]	31
Obrázek 9: Přístroj THASYS [36]	32
Obrázek 10: Schéma přístroje Permetest [6]	34
Obrázek 11: Přístroj Togmeter [5]	36
Obrázek 12: Bavlněná vlákna v příčném řezu [22]	39
Obrázek 13: Bavlněná vlákna v podélném směru [22]	39
Obrázek 14: Polypropylénová vlákna v příčném směru [22]	40
Obrázek 15: Polypropylénová vlákna v podélném pohledu [22]	40
Obrázek 16: Vzorek B1 – polyuretanová pěna	41
Obrázek 17: Vzorek B4 – polyuretan, polyester	41
Obrázek 18: Vzorek B3 – polyetylén	41
Obrázek 19: Vzorek B2 – polyetylén	41
Obrázek 20: Vzorek B5 – polyester	42
Obrázek 21: Schéma přístroje Termoskop [7]	46
Obrázek 22: Přístroj Termoskop [39]	47
Obrázek 23: Schéma přístroje Alambeta [6]	49
Obrázek 24: Podkladový materiál – dřevěná deska v příčném pohledu	51
Obrázek 25: Podkladový materiál – dřevěná deska v podélném pohledu	51
Obrázek 26: Podkladový materiál – polystyrenová deska v podélném pohledu	52
Obrázek 27: Podkladový materiál – polystyrenová deska v podélném pohledu	52
Obrázek 28: Podkladový materiál – keramická deska v příčném pohledu	54
Obrázek 29: Podkladový materiál – keramická deska v podélném pohledu	54
Obrázek 30: Graf průměru a intervalu spolehlivosti pro data naměřená na hliníku	56
Obrázek 31: Graf průměru a intervalu spolehlivosti pro data naměřená na polystyrénu	56
Obrázek 32: Graf průměru a intervalu spolehlivosti pro data naměřená na dřevě	57
Obrázek 33: Graf průměru a intervalu spolehlivosti pro data naměřená na keramice	57
Obrázek 34: Graf průměru a intervalu spolehlivosti pro data naměřená na umakartové desce	58
Obrázek 35: Graf průměru a intervalu spolehlivosti pro data naměřená na Alambetě	60
Obrázek 36: Počet shodných hodnocení pro různé typy tkanin	63
Obrázek 37: Grafické znázornění nejbližší odpovídajícím naměřeným datům	64

Seznam tabulek

Tabulka 1: Tepelná vlastnost a hustota materiálu	26
Tabulka 2: Tepelná vodivost a odpor	33
Tabulka 3: Použité vzorky typu A v experimentu	42
Tabulka 4: Použité vzorky typu B v experimentu.....	43
Tabulka 5: Jednofaktorová analýza rozptylu [40].....	44
Tabulka 6: Vlastnosti podkladových materiálů	50
Tabulka 7: Popisná statistika	55
Tabulka 8: Výsledky analýzy rozptylu.....	58
Tabulka 9: Výpočty tepelného odporu	59
Tabulka 10: Analýza rozptylu.....	59
Tabulka 11: Popisná statistika	60
Tabulka 12: Analýza rozptylu pro vzorky typu B.....	61
Tabulka 13: Výpočty tepelného odporu	61
Tabulka 14: Analýza rozptylu.....	62
Tabulka 15: Počet shodných hodnocení pro různé typy tkanin	62
Tabulka 16: Příklad nejbližších hodnot naměřeného tepelného odporu	63
Tabulka 17: Výsledky analýzy rozptylu	64
Tabulka 18: Příklad nejbližších hodnot naměřeného tepelného odporu	65
Tabulka 19: Výsledky analýzy rozptylu	65
Tabulka 20: Výsledky tepelného odporu.....	66
Tabulka 21: Výsledky intervalu spolehlivosti	67